

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2001年4月26日 (26.04.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/29862 A1

(51) 国際特許分類: H01J 9/44, 61/20, 61/30

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04561

(22) 国際出願日: 2000年7月6日 (06.07.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

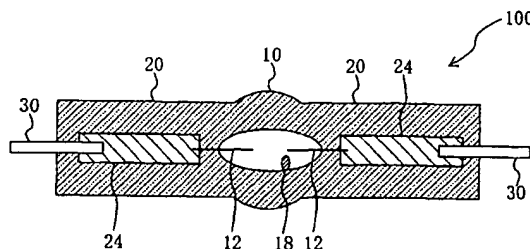
(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願平 11/295043
1999年10月18日 (18.10.1999) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市
大字門真1006番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堀内 誠 (HORI-
UCHI, Makoto) [JP/JP]; 〒633-0062 奈良県桜井市栗殿
106-2-412 Nara (JP). 甲斐 誠 (KAI, Makoto) [JP/JP];
〒576-0021 大阪府交野市妙見坂6-4-402 Osaka (JP).
竹田 守 (TAKEDA, Mamoru) [JP/JP]; 〒619-0237 京
都府相楽郡精華町光台5-2-1-6 Kyoto (JP). 一番ヶ瀬
剛 (ICHIBAKASE, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒569-1136 大阪
府高槻市郡家新町34-24 Osaka (JP). 関 智行 (SEKI,
Tomoyuki) [JP/JP]; 〒569-1131 大阪府高槻市郡家本
町43-17 Osaka (JP). 北原良樹 (KITAHARA, Yoshiki)[JP/JP]; 〒569-0822 大阪府高槻市津之江町1-53-7 Os-
aka (JP). 森 俊雄 (MORI, Toshio) [JP/JP]; 〒617-0002
京都府向日市寺戸町中野16-13 Kyoto (JP). 竹内泰郎
(TAKEUCHI, Yasuo) [JP/JP]; 〒573-0071 大阪府枚方
市茄子作1-6-20 Osaka (JP).(74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒
550-0004 大阪府大阪市西区靱本町1丁目4番8号 太
平ビル Osaka (JP).(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,
MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT,
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LU, MC, NL, PT, SE), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).添付公開書類:
— 国際調査報告書2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。(54) Title: HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMP, LAMP UNIT, METHOD FOR PRODUCING HIGH-PRESSURE
DISCHARGE LAMP, AND INCANDESCENT LAMP

(54) 発明の名称: 高圧放電ランプ、ランプユニットおよび高圧放電ランプの製造方法、ならびに電球



(57) Abstract: A high-pressure discharge lamp (100) comprising an arc tube (10) in which at least a rare gas and a halogen are sealed and which is substantially made of vitreous silica and electrodes (12) disposed in the arc tube (10) and substantially made of tungsten, wherein the mole of the halogen is greater than the sum of the total mole of the metal elements (excluding tungsten and mercury) bondable to the halogen and present in the arc tube (10) and the mole of tungsten evaporated from the electrodes (12) during the operation of the lamp and present in the arc tube (10).

[続葉有]

WO 01/29862 A1



(57) 要約:

管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管 10 と、発光管 10 内に配置され、実質的にタングステンからなる電極 12 とを備えた高圧放電ランプ 100 であって、ハロゲンのモル数は、ハロゲンと結合する性質を有する金属元素であって発光管内 10 に存在する金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において電極 12 から蒸発して発光管内に存在するタングステンのモル数との和よりも多い、高圧放電ランプ 10 である。

明 細 書

高圧放電ランプ、ランプユニットおよび高圧放電ランプの製造方法、ならびに電球

技術分野

本発明は、高圧放電ランプ、ランプユニットおよび高圧放電ランプの製造方法、ならびに電球に関する。特に、一般照明、および反射鏡と組み合わせて液晶プロジェクターや投射型液晶テレビに使用される高圧放電ランプに関する。

背景技術

従来の高圧放電ランプの具体的な例としては、特開平2-18561号公報、特許2980882号公報に開示されている高圧水銀蒸気放電ランプがある。これらの公報に開示された高圧放電ランプの構成を模式的に図13に示す。以下、図13を参照しながら、従来の高圧放電ランプ1000の説明をする。

ランプ1000は、石英ガラスから構成された発光管（バルブ）110と、発光管110の両端に連結された一对の封止部（シール部）120とを有している。発光管110の内部（放電空間）には、タングステンを材料とする一对のタングステン電極（W電極）112が一定の間隔をおいて互いに対向して配置されており、W電極112の一端は、封止部120内のモリブデン箔（Mo箔）124と溶接されており、W電極112とMo箔124とは電氣的に接続されている。Mo箔124の一端には、モリブデンから構成された外部リード（Mo棒）130が電氣的に接続されている。

上記特開平2-18561号公報には、図13に示した構成と同様な構成において、希ガスと、 200 mg/cc 以上の水銀118と、 $10^{-3}\sim 10^{-1}\mu\text{mol/cc}$ の範囲のハロゲンとを発光管110内に封入して、 100 W/cm^2 以上の管壁負荷で動作させる高圧放電ランプが開示されている。

特開平2-18561号公報によると、 100 W/cm^2 以上に管壁負荷を高めると、最冷点温度を高くすることができるため、 200 mg/cc 以上の水銀を

封入した場合、発光管 110 内の圧力が高くなり、特に赤色領域の連続スペクトルが増加し、演色性が改善されるということが記載されている。また、ハロゲンの封入は発光管 110 の黒化を防止するためとの理由は記載されているが、 $10^{-3} \sim 10^{-1} \mu\text{mol/cc}$ の範囲のハロゲン封入を規定する明確な理由は特に記載されていない。

一方、特許 2980882 号公報には、図 13 に示した構成と同様な構成において、希ガスと、 160 mg/cc 以上の水銀 118 と、 $2 \times 10^{-1} \sim 7 \mu\text{mol/cc}$ の範囲のハロゲンとを発光管 110 内に封入して、 80 W/cm^2 以上の管壁負荷で動作させる高圧放電ランプが開示されている。

特許 2980882 号公報によると、 80 W/cm^2 以上の管壁負荷で動作させた場合、発光管 110 の温度が高くなることによって石英ガラスの吸収波長帯域が長波長側にずれるために、波長 185 nm の水銀-希ガスエキシマ光 (160 mg/cc 以上の水銀 118 を封入した場合に高圧な水銀蒸気と希ガスとの混合ガス中の放電において放射される光) が吸収されやすい状態となり、その結果、石英ガラスの白濁失透が急激に成長するとの推測が記載されている。さらに、短波長紫外線を吸収した石英ガラスから Si または SiO が放出され、それらが電極 112 先端に付着してタングステンの融点を下げて、それによって電極 112 の変形やタングステンの管壁黒化を生じさせるとの記載もある。

特許 2980882 号公報では、この課題に対して、 $2 \times 10^{-1} \mu\text{mol/cc}$ 以上の範囲のハロゲンを封入してエキシマ光をハロゲンで吸収することによって、石英ガラスの白濁失透を防止することが記載されている。そして、ハロゲンの封入量を $7 \mu\text{mol/cc}$ 以下にする理由は、電極 112 の変形を防止するためということが記載されている。さらに、白濁失透の成長を抑制するために、石英ガラスの内表面 (深さ 0.2 mm の範囲) の平均 OH 基濃度を 20 ppm 以下に規定することが開示されている。

また、当該公報において、炭素は点灯中に発光管 110 内面に付着して紫外線を吸収し、結果として石英ガラスの白濁失透を促進するので、ハロゲンを発光管 110 内に封入する形態としては、炭素を含む化合物 (CH_2Br_2 など) ではない例えば臭化水素 (HBr) などの形態で行うとの記載がある。さらに、石英ガ

ラス中のアルミニウムとアルカリ金属（ナトリウム、カリウム、リチウム）との比が高くなるほど、ガラスの粘度が高くなるため、白濁失透（ SiO_2 の結晶成長）の速度が低くなることが紹介されている。そして、このような仕様により、液晶プロジェクタとして必要とされる2000時間程度の寿命を有する高圧放電ランプが実現できるということが説明されている。

従来の高圧放電ランプ1000では、上記公報で示されたように、発光管110の黒化または白濁失透をハロゲンによって防止している。

本願発明者は、上記公報に開示された技術および仕様に基づいて、種々、多数のハロゲンを含んだ高圧放電ランプを試作し、試作したランプを反射鏡に組み込んで寿命試験を行い、液晶プロジェクタなどのスクリーン照度の変化を調べたところ、数十時間から数百時間程度の点灯時間で、スクリーンの照度が著しく減少するという課題があることを見出した。特に、特開平2-18561号公報で実施の形態に開示されていない50W以上の高出力なランプについて、照度低下が激しくなるという結果を得た。また、これらの従来のランプは、点灯時間が長くなるにつれて、放電開始時電圧が高くなり、点灯しにくくなるという課題を有していることもわかった。

本願発明者は、これらのランプを詳細に観察した結果、次のような知見を得た。すなわち、まず初めに点灯直後からの早い時間において発光管110の内面に電極112のタングステンが付着して発光管110が黒くなり（黒化）、次に、その黒化が急速に進行し、その黒化が原因となって、発光管110の透過率が著しく低下して、発光管110内から出る光量が低下することがわかった。この観察結果は、上記公報に開示された技術および仕様だけでは、発光管110にハロゲンを封入しても、発光管110の黒化や白濁失透を完全に防止しきれないことを意味している。従って、上記公報に開示された従来のランプ1000では、ランプを点灯した後、早い時間に光出力が低下してしまうという結果をもたらす。

パソコンの画面などを拡大投射する液晶プロジェクタ（いわゆる、データプロジェクタ）において、この種の従来のランプ1000を使用する場合、ランプの短寿命はそれ程大きな問題とはならなかったと考えられる。その理由を述べると、

このような用途では、会社や学校などの会議の場において不特定多数の人々に比較的短時間使用されることがほとんどであり、そのため、ランプを交換する作業が頻繁に行われることは実質的になく、使用者に負担がかからなかったからである。

しかしながら、従来のランプ1000を一般家庭用のテレビ（プロジェクションテレビ）に使用する場合には、従来のランプ1000の短寿命は大きな問題となる。すなわち、デジタル放送に代表されるように、一般家庭に数十チャンネルのテレビ番組が放送されるようになった現在、家庭でも大画面のテレビでそれらの放送をマルチ画面で楽しんだり、さらには画像とともに多くの文字情報などを表示したいという要望が増えてきている。この要望に対して、大画面映像を簡単に得られるデータプロジェクタを一般家庭用のテレビ（プロジェクションテレビ）に応用するための開発が本格的に開始されているが、このような用途の場合、テレビは一日に何時間も使用されるため、データプロジェクタにて使用される場合よりもランプの点灯時間は必然的に長くなる。さらに、ランプの交換は不要か、あるいは可能な限り少ないことが要望される。この要望に応えるためには、少なくとも5000時間から10000時間以上のランプの寿命が必要となる。しかし、従来のランプ1000を用いては、投写型液晶テレビなどに必要と考えられる5000時間から10000時間以上のランプ寿命を達成することはできない。

本発明はかかる諸点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、長寿命の高圧放電ランプを提供することにある。

発明の開示

本発明による第1の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記ハロゲンのモル数は、前記ハロゲンと結合する性質を有する金属元素であって前記発光管内に存在する金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多い。

前記金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の各種類を M_i としたときの前記金属元素 M_i のモル数を m_i とし、前記金属元素 M_i の化学量論係数を n_i とした場合において、前記金属元素 M_i の前記モル数 m_i に前記化学量論係数 n_i を乗じた数を前記金属元素 M_i の各種類について足し合わせた合計数（ $\sum (m_i \times n_i)$ ）と、前記タングステンの前記モル数との和よりも、前記ハロゲンの前記モル数が多いことが好ましい。

本発明による第2の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記発光管内に封入されたハロゲンを X としたときの前記ハロゲン X のモル数を N とし、前記ハロゲン X と結合する性質を有する金属元素であって前記発光管内に存在する金属元素の各種類を M_i としたとき、前記金属元素 M_i のモル数を m_i とし、前記金属元素 M_i の化学量論係数を n_i とし、そして、タングステンを W とした場合において、次式（I）の化学反応における平衡定数を K_i とし（ $M_i + n_i X \rightarrow M_i X_{n_i}$ 式（I））、次式（II）の化学反応における平衡定数を K_w としたときに（ $W + X \rightarrow WX$ 式（II））、平衡定数 K_w 以上の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i のモル数の合計と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステン W のモル数との和よりも、前記発光管内に封入されたハロゲン X のモル数 N の方が多いことを特徴とする。

前記平衡定数 K_w 以上の前記平衡定数 K_i を有する前記金属元素 M_i のモル数 m_i に前記化学量論係数 n_i を乗じた数を前記金属元素 M_i の各種類について足し合わせた合計数（ $\sum (m_i \times n_i)$ ）と、前記タングステンの前記モル数との和よりも、前記ハロゲン X の前記モル数 N が多いことが好ましい。

ある実施形態において、前記金属元素は、ナトリウム（ Na ）、カリウム（ K ）、リチウム（ Li ）、カルシウム（ Ca ）、セシウム（ Cs ）、ルビジウム（ Rb ）、クロム（ Cr ）、鉄（ Fe ）、およびニッケル（ Ni ）からなる群から選択された少なくとも1種である。

前記発光管内に含まれている水素（ H ）の含有量が0.15体積%以下であることが好ましい。

前記発光管の外面における引っ張り応力が100psi以下であり、前記発光管の内面における圧縮応力が100psi以下であることが好ましい。

本発明による第3の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在するナトリウム(Na)、カリウム(K)、およびリチウム(Li)の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多いことを特徴とする。

前記ハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在するナトリウム(Na)、カリウム(K)、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、およびルビジウム(Rb)の合計モル数と、前記タングステンのモル数との和よりも多いことが好ましい。

本発明による第4の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在する金属元素であって1価のハロゲン化物を生成する金属元素の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多いことを特徴とする。

本発明による第5の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記電極に含まれるナトリウム(Na)、カリウム(K)、およびリチウム(Li)の含有量がそれぞれ1ppm以下であることを特徴とする。

前記発光管における前記石英ガラスに含まれるナトリウム(Na)、カリウム(K)、およびリチウム(Li)の含有量がそれぞれ1ppm以下であることが好ましい。

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム(Na)、カリウム(K)、およびリチウム(Li)の合計モル数よりも多い

ことが好ましい。

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の前記合計モル数の5倍以上であることが好ましい。

前記電極に含まれるクロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の含有量が3 ppm以下であることが好ましい。

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の合計モル数よりも多いことが好ましい。

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の前記合計モル数の5倍以上であることが好ましい。

本発明による第6の高圧放電ランプは、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、前記発光管における前記石英ガラスに含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の含有量がそれぞれ1 ppm以下であることを特徴とする。

前記発光管内に含まれている水素 (H) の含有量が0.15体積%以下であることが好ましい。

前記発光管の外面における引っ張り応力が100 psi以下であり、前記発光管の内面における圧縮応力が100 psi以下であることが好ましい。

前記発光管における前記石英ガラスに含まれるOH基の含有量が5 ppm以下であることが好ましい。

前記発光管における前記石英ガラスに含まれるアルミニウム (Al) の含有量が10 ppm以下であることが好ましい。

前記発光管内に封入されるハロゲンの量は、 $100 \mu\text{mol}/\text{cm}^3$ 以下であることが好ましい。

ある実施形態では、前記発光管内に封入されるハロゲンは、臭素 (Br) また

はヨウ素 (I) の少なくとも1つである。

前記発光管の管壁負荷が 80 W/cm^2 以上であることが好ましい。

ある実施形態では、前記発光管内にさらに水銀 (Hg) が封入されている。

前記発光管内に封入される前記水銀 (Hg) の量は、 150 mg/cm^3 から 300 mg/cm^3 であり、ランプ動作中における水銀蒸気圧は、 15 MPa から 30 MPa であることが好ましい。

本発明によるランプユニットは、上記放電ランプと、前記放電ランプから発する光を反射する反射鏡とを備えている。

本発明による高圧放電ランプの製造方法は、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプの製造方法であって、高圧放電ランプの形状を完成させてランプ形状完成体を得た後、前記ランプ形状完成体の残留歪みを除去する工程を包含する。

ある実施形態において、前記残留歪みを除去する工程は、前記ランプ形状完成体を 1000°C から 1100°C の高温条件下で1時間以上保持する工程を包含する。

前記高温条件下で保持する工程は100時間以上行われることが好ましい。

本発明による電球は、管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入されたバルブと、前記バルブ内に配置された一对の内部導入線間を連結し、実質的にタングステンからなるフィラメントとを備えた電球であって、前記ハロゲンのモル数は、前記ハロゲンと結合する性質を有する金属元素であって前記発光管内に存在する金属元素（ただし、タングステン元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において前記フィラメントから蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多い。

本発明によれば、ハロゲンのモル数が、発光管内に存在する金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において電極から蒸発して発光管内に存在するタングステンのモル数との和よりも多いため、発光管の黒化を防止することができ、その結果、長寿命の高圧放電ランプを提供することができる。発光管の管壁負荷が例えば 80 W/cm^2 以上である場

合でも、発光管の黒化を防止することができるため、従来技術では早期にランプ寿命がきてしまうような高出力条件で使用しても、長寿命（例えば、5000時間から10000時間以上）の高圧放電ランプを提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明による実施形態にかかる高圧放電ランプ100の構成を模式的に示す断面図である。

図2は、各種の金属元素とハロゲンとの化学反応の自由エネルギー変化（ ΔG ）と温度（K）との関係を示すグラフである。

図3Aから図3Cは、ランプ100の発光スペクトル（放射強度）を示すグラフである。

図4Aから図4Cは、従来のランプ1000の発光スペクトル（放射強度）を示すグラフである。

図5は、発光管10周囲を拡大した図である。

図6は、本発明による実施形態におけるランプの寿命特性を示すグラフである。

図7は、本発明による実施形態の製造方法を説明するためのフローチャートである。

図8は、ランプ製作工程を説明するための工程断面図である。

図9は、熱処理時間（時間）と水素量（任意目盛り）との関係を示すグラフである。

図10は、ランプユニット500の構成を模式的に示す断面図である。

図11は、電球200の構成を模式的に示す断面図である。

図12は、電球300の構成を模式的に示す断面図である。

図13は、従来の高圧放電ランプ1000の構成を模式的に示す断面図である。

図14Aおよび図14Bは、ランプ点灯時の発光管を模式的に拡大して示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明による実施の形態を説明する。

まず、本発明の実施形態を説明する前に、高圧放電ランプの発光管において黒化が生じるメカニズムについて説明する。ハロゲンを封入した高圧放電ランプにおいて黒化が生じるメカニズムについては、これまで必ずしも明らかではなかったのが現状であるが、本願発明者は、種々の実験を行った上に、化学平衡論に基づく解析を進めた結果、次のようなメカニズムで黒化が進行していることを推論した。

図14は、ランプ点灯時の発光管を模式的に拡大して示している。図14Aに示すように、ランプ動作時には、融点に近い高温状態となっている電極112のほぼ先端部（当該先端部には数千度以上の高温アークが接している）からタングステン（W）が蒸発している。蒸発したタングstenは、図中の矢印で示すように高温の放電アーク周辺を通過して、通常、数百℃から千数百℃の温度状態となっている発光管110の内壁に向かって移動する。この移動中において、蒸発したタングsten（W）がハロゲン（X）と結合してハロゲン化タングsten（WX）となれば、点灯中数百℃以上となっている高温の発光管110内面にハロゲン化タングstenが付着することはない。その理由は、点灯中の温度においてハロゲン化タングstenは非常に蒸発しやすいため、たとえハロゲン化タングstenが発光管110内面に付着しても、発光管110内面から容易に離れることができるからである。

しかしながら、図14Bに示すように、発光管110内に蒸発したタングsten（W）以外に金属元素（M）が存在すると、ハロゲン（X）は、タングsten（W）と結合する前にその金属元素（M）と結合して、そのハロゲン化合物（MX）を形成してしまう。その理由は、水銀を除くほとんど全ての金属元素とハロゲンとの化学反応の平衡定数は、発光管110内の温度領域（特に、アーク周辺部の二千～三千℃から、発光管110内面付近の数百℃までの温度領域）において、タングstenとハロゲンとの化学反応の平衡定数よりも大きいからである。このことは、タングsten（W）と金属元素（M）とハロゲン（X）とが混在している場合、まず、金属元素（M）とハロゲン（X）とが反応してしまうことを意味している。従って、発光管110に封入されたハロゲンのうち、金属元素とハロゲンとの反応に必要なでない残りのハロゲンだけが、タングstenと反応する

ことになる。それゆえ、発光管 110 内に存在する金属元素の数がハロゲンの数よりも多い場合、蒸発したタングステンと結合する遊離ハロゲンが存在しない状態となるため、タングステンは、そのままの形態で発光管 110 内壁に到達して付着し、その結果、その箇所が黒くなる。

以上のことから、何らかの原因で金属元素 (M) が発光管 110 内に混在している場合、上記公報に記載された量のハロゲンを単に封入しても、発光管 110 の黒化を完全に防止することはできない。そこで、このような問題を解決するために、本発明では、金属元素 (M) の合計モル数と、ランプ動作中に蒸発するタングステン (W) のモル数との和よりも、発光管内に封入するハロゲン (X) のモル数を多くしている。このようにすることによって、電極から蒸発したタングステン (W) は、完全にハロゲン (X) と結合して、ハロゲン化タングステン (WX) となるため、結果として、発光管内面にタングステン (W) が付着することを防止することができる。従って、本発明によると、高圧放電ランプの発光管の黒化を防止することができるため、従来技術よりも寿命を長くした高圧放電ランプを提供することが可能となる。

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を具体的に説明する。なお、以下の実施形態は例示であって、限定的に解釈されない。

(実施形態 1)

図 1 から図 7 を参照しながら、本発明による実施形態 1 を説明する。

まず、図 1 は、本実施形態にかかる高圧放電ランプ 100 の構成を模式的に示している。放電ランプ 100 は、実質的に石英ガラスからなる発光管 10 と、発光管 10 内に配置され、実質的にタングステンからなる電極 12 とを有している。発光管 10 内には、少なくとも希ガスとハロゲンとが封入されており、発光管 10 内に封入されるハロゲンのモル数は、ハロゲンと結合する性質を有する金属元素 (ただし、タングステン元素および水銀元素を除く) であって発光管 10 内に存在する金属元素の合計モル数と、ランプ動作中において電極 12 から蒸発して発光管 10 内に存在するタングステンのモル数との和よりも多いようにされている。

本実施形態では、ランプ 100 の発光管 10 の両端に一对の封止部（シール部）20 が連結されており、封止部 20 によって発光管 10 の内部（放電空間）の気密が保持されている。発光管 10 内の一对の電極（W 電極）12 は、一定の間隔をおいて互いに対向して配置されており、例えば、発光管 12 の先端間距離（電極間距離）が約 1.5 mm になるように配置されている。なお、ランプ動作時における電極先端温度を低下させることを目的として、電極 12 の先端にコイルを巻くように構成することも可能である。

発光管 10 の内容積（放電空間の容量）は、約 0.2 cc（約 0.2 cm³）であり、発光管 10 の内部には、約 30 mg の水銀 18（単位発光管内容積当たりの水銀量：約 150 mg/cc）と、室温において約 20 KPa のアルゴンガス（不図示）および約 60 Pa の CH₂Br₂（不図示）とが封入されている。なお、発光管 10 の外径は約 13 mm であり、発光管 10 のガラス厚は約 3 mm である。

発光管 10 内に配置された電極 12 の一端は、封止部 20 内の金属箔（例えば、モリブデン箔）24 と溶接されており、電極 12 と金属箔 24 とは互いに電氣的に接続されている。金属箔 24 の一端には、モリブデンから構成された外部リード（Mo 棒）30 が電氣的に接続されている。

本実施形態の高圧放電ランプ 100 では、タングステン元素および水銀元素を除く金属元素の合計モル数と、ランプ動作中において電極 12 から蒸発するタングステンのモル数との和よりも、ハロゲンのモル数が多くなるように構成している。この構成によって、従来技術よりも、発光管 10 の黒化を防止することができる理由を以下に説明する。

水銀元素（Hg）を除くほとんどすべての金属元素とハロゲンとの化学反応の平衡定数は、タングステンとハロゲンとの化学反応の平衡定数よりも大きいため、タングステンとハロゲンとの化学反応よりも、金属元素（Hg を除く）とハロゲンとの化学反応の方が進行しやすい。図 2 は、各種の金属元素とハロゲンとの化学反応の平衡定数 K を温度の関数で示したグラフである。図 2 では、タングステン（W）、リチウム（Li）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、クロム（Cr）、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、および水銀（Hg）が、ハロゲンである臭素（Br）と反応する化学反応の平衡定数 K と温度との関係を示している。

なお、図2においては平衡定数 K を感覚的に理解しやすいように、平衡定数 K とは対数の関係にあるギブスの自由エネルギー変化 ($\Delta G = -RT \ln(K)$) を縦軸とし、温度 T (ケルビン) を横軸として、平衡定数 K をプロットしている。ここで、 $\Delta G = -RT \ln(K)$ の式中の R は、気体定数を表している。なお、温度 T の範囲は、発光管10内の温度領域に対応させている。図2に示した平衡定数は、米国のNational Technical Information Serviceから出版されている「Thermodynamic Properties of Elements and Oxides」および「Thermodynamic Properties of Halides」に記載されている熱力学データを基にして算出した。

図2から理解できるように、水銀 (Hg) を除いて、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) のそれぞれと、臭素 (Br) とが反応する化学反応の自由エネルギー変化 (ΔG) は、発光管10内のアーク周辺部の2千～3千℃から発光管内面付近の数百℃の範囲において、タングステンと臭素とが反応する化学反応の自由エネルギー変化 (ΔG) よりも小さい。自由エネルギー変化 (ΔG) が値が小さいほど (負の値が大きいほど。すなわち、縦軸の下にいくほど)、その反応の方が容易に起こることを意味しているため、タングステンと臭素との反応よりも、水銀を除く金属元素と臭素との反応の方が起こりやすいことがわかる。一方、水銀と臭素との反応については、自由エネルギー変化 (ΔG) が値が大きいため、反応が起こりにくいことがわかる。また、このことは、自由エネルギー変化 ($\Delta G = -RT \ln(K)$) から平衡定数を求めた場合に、水銀を除く金属元素 (例えば、リチウム) と臭素との化学反応の平衡定数が、タングステンと臭素との化学反応の平衡定数よりも大きくなることから理解できる。

以上のことから、ランプ動作時において融点に近い高温状態にある電極のほぼ先端部 (その部分には、数千度以上の高温アークが接している) から蒸発したタングステン以外に金属元素 (ただし、水銀を除く) が存在すると、2000℃～3000℃の放電アークの周辺を通過して発光管内面 (この部分は、通常、数百℃から千数百℃の温度状態にある) に向かって移動する際、ハロゲンは、タングステンと結合する前にその金属元素と結合してしまうことになる。

しかしながら、水銀を除く発光管内に存在する金属元素の量 (勿論、発光管1

0 内に配置された固体状の電極であるタングステンは含まれない) を、封入されているハロゲンの量よりも少なくすることによって、電極 1 2 から蒸発したタングステンと反応するハロゲンを絶えず確保することが可能となる。

化学平衡論的に一般化して言い換えると、発光管 1 0 内に封入されたハロゲンを X としたときのハロゲン X のモル数を N とし、ハロゲン X と結合する性質を有する発光管内に存在する金属元素の各種類を M_i (例えば、Li、Na、K など) としたとき、金属元素 M_i のモル数を m_i とし、金属元素 M_i の化学量論係数を n_i (Li、Na、K の場合は「1」となる。) とし、そして、タングステンを W とした場合において、

下式 (I) の化学反応における平衡定数を K_i とし、

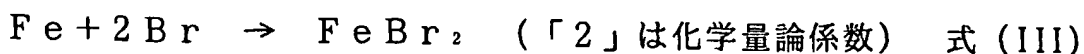


下式 (II) の化学反応における平衡定数を K_w としたときに、



平衡定数 K_w 以上の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i (ここで、平衡定数 $K_w =$ 平衡定数 K_i となるタングステン元素は除く。) のモル数の合計と、ランプ動作中において電極 1 2 から蒸発して発光管 1 0 内に存在するタングステン W のモル数との和が、発光管 1 0 内に封入されたハロゲン X のモル数 N よりも少ないと、電極 1 2 から蒸発したタングステン W と反応するハロゲン X を絶えず確保することができる。なお、上式 (I) および (II) における平衡定数 K_w 未満の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i (例えば、水銀) が発光管 1 0 内に存在したとしても、実質的にタングステンとハロゲンとの化学反応を阻害しないことは明らかであるので (図 2 参照)、それゆえ、平衡定数 K_w 未満の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i の存在は実質的に無視することができる。

なお、ハロゲンと金属元素とが結合して金属ハロゲン化物を生成する際、例えば、下式 (III) に示す Fe と Br とが結合するときのように、1 つの Fe が 2 つの Br と結合して、2 価のハロゲン化物を生成する場合がある (上式 (I) の化学量論係数 n_i が 2 のときに相当する)。



このような場合には、例えば 1 モルの Fe が発光管内に存在するときには、電極

から蒸発したタングステンとハロゲンとがより確実に結合することを保証するために、Feのモル数に、Feについてのハロゲン化物の価数（化学量論係数）を乗じた2モル以上のハロゲンを封入することが好ましい。化学平衡論的に一般化して言い換えると、平衡定数 K_w 以上の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i のモル数 m_i に化学量論係数 n_i を乗じた数を金属元素 M_i の各種類について足し合わせた合計数（この合計数を「 $\Sigma (m_i \times n_i)$ 」として表す。）と、タングステンのモル数との和よりも、ハロゲンXのモル数 N が多くなるように、ハロゲンを封入することが好ましい。すなわち、 $N > (\Sigma (m_i \times n_i) + \text{蒸発タングステンのモル数})$ の関係を満たすように、ハロゲンを封入することが好ましい。

ただし、1価のハロゲン化物を生成するアルカリ金属（Li、Na、Kなど）と比較して、2価や3価のハロゲン化物を生成する金属元素（Feなど）は、実際には多数のハロゲンと同時に結合する必要があるため、たとえそれらのハロゲン化物を生成する化学反応の平衡定数 K_i が、タングステンとハロゲンとの化学反応の平衡定数 K_w よりも大きくても、2価や3価のハロゲン化物を生成する反応は、1価のハロゲン化物を生成する反応と比べて起こりにくいことが実験的に確認されている。したがって、単に、各種の金属元素の合計モル数（ $\Sigma (m_i)$ ）と蒸発タングステンのモル数との和を超えるモル数のハロゲンを封入するようにしてもよい。

また、1価のハロゲン化物を生成する金属元素（例えば、Li、Na、Kなどのアルカリ金属）は、ハロゲンと反応する場合、たった1個のハロゲンと反応して1価の安定なハロゲン化物を形成する。このため、1価のハロゲン化物を生成する金属元素は、他の金属元素と比較して非常にハロゲンと結合しやすく、蒸発したタングステンとハロゲンとの反応を最も阻害しやすい金属である。したがって、1価のハロゲン化物を生成する金属元素の合計モル数と蒸発タングステンのモル数との和よりも多くのモル数のハロゲンを発光管10に封止する構成にすれば、実質的には、ランプ動作中に電極12から蒸発したタングステンとハロゲンとを確実に結合させることができるため、発光管10内壁にタングステンが付着することを防止することができる。

具体的には、発光管10内に存在するナトリウム（Na）、カリウム（K）、

リチウム (L i)、セシウム (C s)、ルビジウム (R b) などのアルカリ金属、より好ましくは、これらのアルカリ金属に加えて、インジウム (I n)、タリウム (T l)、ガリウム (G a)、銀 (A g) などの一価のハロゲン化物を生成する金属元素の合計モル数と、蒸発タングステンのモル数との和よりも多くのモル数のハロゲンを発光管 10 に封止する構成にすればよい。

なお、動作中のタングステン電極の最高温度 (先端部) は、通常、約 3000℃～約 3400℃であり、この温度に対するタングステンの飽和蒸気圧は、およそ 10^{-3} Pa～1 Pa 程度であるため、電極 12 から蒸発して発光管 10 内に漂うタングステンの予想モル数は、極めて微量であると推定される。したがって、ハロゲンや金属元素の量に対して、蒸発して発光管 10 内に存在しているタングステンの量 (蒸発タングステンのモル数) は、無視できる場合が多いと考えられる。

再び図 1 を参照する。本実施形態の放電ランプ 100 では、発光管 10 内に封入されるハロゲンのモル数が、発光管 10 内に存在する金属元素 (ただし、タングステン元素および水銀元素を除く) の合計モル数と、蒸発タングステンのモル数との和よりも多くなるように構成するために、発光管 10 内に存在する金属元素を極力少なくしている。具体的には、従来の高圧放電ランプ 1000 の構成と比較して、本実施形態の放電ランプ 100 では、発光管 10 を構成する石英ガラスに含まれる不純物、および電極 12 に含まれる不純物とを極めて少なくしている。

下記表 1 に、本実施形態の高圧放電ランプ 100 の石英ガラスに含まれる不純物量 (ppm) と、従来の高圧放電ランプ 1000 の石英ガラスに含まれる不純物量 (ppm) との比較を示す。下記表 2 は、両者のタングステン電極に含まれる不純物量 (ppm) の比較を示している。なお、表中の不純物量 (ppm) は、重量百万分率 (重量 ppm) を示している。

表1

単位: ppm

	Al	Li	Ca	K	Na	Cr	Fe	Ni
ランプ100の石英ガラス	5	0.03	0.6	0.14	0.32	-	0.2	-
ランプ1000の石英ガラス	14	1.2	0.6	0.8	2.6	-	0.25	-

表2

単位: ppm

	Al	Li	Ca	K	Na	Cr	Fe	Ni
ランプ100のタングステン	<0.1	0.1	0.3	0.7	0.2	0.2	0.9	0.1
ランプ1000のタングステン	<0.1	0.1	0.3	5.5	0.4	2.4	6.5	0.5

上記表1および表2から、石英ガラスおよびタングステン電極の両者とも、従来の高圧放電ランプ1000よりも本実施形態の高圧放電ランプ100の方が不純物量が少ないことがわかる。さらに、下記表3～表6において、本実施形態の高圧放電ランプ100および従来の高圧放電ランプ1000における石英ガラスとタングステン電極とのそれぞれに含まれる不純物量 (ppm) を示すための別の金属含有量 (含有率) 分析結果を示す。

表3
ランプ100の石英ガラスの金属含有量分析結果

単位: ppm

	Li	Na	K	Li+Na+K	Cr	Fe	Ni	Cr+Fe+Ni	Al
サンプル1	0.03	0.27	0.17	0.47	0.02	0.57	0.02	0.61	5
サンプル2	0.06	0.55	0.19	0.80	0.07	0.35	0.11	0.53	10
サンプル3	0.03	0.32	0.14	0.49	<0.01	0.20	<0.01	0.20	7
サンプル4	0.19	0.17	0.08	0.44	<0.01	0.20	<0.01	0.20	6.6
サンプル5	0.19	0.16	0.07	0.42	<0.01	0.18	<0.01	0.18	6.3
サンプル6	0.18	0.12	0.09	0.39	0.02	0.21	<0.01	0.23	8.7
サンプル7	0.04	0.52	0.01	0.57		0.41	0.01	0.42	5.1
サンプル8	0.04	0.66	0.08	0.78	0.01	0.16	<0.01	0.17	4.7
最高	0.19	0.66	0.19	0.80	0.07	0.57	0.11	0.61	10
最小	0.03	0.12	0.01	0.39	0.01	0.16	0.01	0.17	4.7
平均	0.10	0.35	0.10	0.55	0.03	0.29	0.05	0.32	6.68

表4

ランプ100のタングステン電極の金属含有量分析結果

単位: ppm

	Li	Na	K	Li+Na+K	Cr	Fe	Ni	Cr+Fe+Ni
サンプル9		<0.2	<0.2		0.4	1.7	<0.2	2.1
サンプル10		<0.2	<0.2		0.5	2.5	0.2	3.2
サンプル11		0.2	<0.2	0.2	0.2	1.3	0.2	1.7
サンプル12		<0.2	<0.2		<0.2	1.6	<0.2	1.6
サンプル13		0.2	0.3	0.5				
サンプル14	<0.2	0.5	0.2	0.7	<0.2	1.0	<0.2	1.0
最高	0.0	0.5	0.3	0.7	0.5	2.5	0.2	3.2
最小	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	0.2	1.0
平均		0.3	0.3	0.5	0.4	1.6	0.2	1.9

表5

ランプ1000の石英ガラスの金属含有量分析結果

単位: ppm

	Li	Na	K	Li+Na+K	Cr	Fe	Ni	Cr+Fe+Ni	Al
サンプル15	0.17	0.99	0.62	1.78	0.02	0.42	0.06	0.50	15
サンプル16	0.18	0.85	0.51	1.54	0.01	0.42	0.04	0.47	16
サンプル17	0.33	0.65	0.82	1.80	0.02	0.34	0.03	0.39	18
サンプル18	0.17	0.59	0.75	1.51	0.02	0.34	0.01	0.37	12
サンプル19	0.42	0.62	0.36	1.40		0.08	<0.01	0.08	15
サンプル20	0.46	0.58	0.79	1.83	0.01	0.13	<0.01	0.14	13
最高	0.46	0.99	0.82	1.83	0.02	0.42	0.06	0.50	18
最小	0.17	0.58	0.36	1.40	0.01	0.08	0.01	0.08	12
平均	0.29	0.71	0.64	1.64	0.02	0.29	0.04	0.33	14.83

表6

ランプ100のタングステン電極の金属含有量分析結果

単位: ppm

	Li	Na	K	Li+Na+K	Cr	Fe	Ni	Cr+Fe+Ni
サンプル9	<0.2	0.4	4.5	4.9	2.4	6.5	0.5	9.4
平均		0.4	4.5	4.9	2.4	6.5	0.5	9.4

上記表 3～表 6 からわかるように、石英ガラスおよびタングステン電極の両者とも、従来の高圧放電ランプ 1000 よりも本実施形態の高圧放電ランプ 100 の方が不純物量を少なくするように構成されている。

発光管内の不純物（例えばアルカリ金属）の量を出来るだけ低下させた本実施形態のランプ 100 では、定格電力 150 W（管壁負荷約 85 W/cm²に相当する）という高い電力で点灯したにもかかわらず、驚くべきことに、5000 時間から 8000 時間という極めて長い間において管壁黒化が生じない。ランプ 100 の石英ガラスおよびタングステン電極に含まれる不純物の量を従来のランプ 1000 のレベルにした場合には、定格電力 150 W の条件で点灯すると、たった 1 時間点灯しただけでも、管壁黒化が生じる。本実施形態のランプ 100 は、極めて長い間において管壁黒化が生じないために、おおよそ 8000 時間を超えても、実質上何ら変化を示さずに、そして従来技術では到底達成することができなかった非常に長い寿命を有する。

本実施形態のランプ 100 では、従来のランプ 1000 よりも不純物の量が少ない石英ガラスおよびタングステン電極から構成されており、それによって、発光管 10 内に封入される臭素（Br）のモル数が、発光管 10 内に存在する不純物（例えば、アルカリ金属）の合計モル数と、電極 12 から蒸発したタングステンのモル数との和よりも多くなるようにされている。その結果、電極 12 から蒸発したタングステンを再び電極 12 に戻すハロゲン輸送サイクルを担っている臭素 Br が、ランプ動作中において石英ガラスやタングステン電極から放出される不純物と結合する機会が少なくなるため、管壁黒化が長時間生じない。

一方、従来のランプ 1000 では、発光管内においてタングステン以外にも臭素 Br と結合してしまう金属元素が過剰にあるので、この金属元素によってタングステンと臭素 Br とが結合する機会が奪われしまう。したがって、蒸発したタングステン全てがハロゲン輸送サイクルによって電極に戻されないため、管壁に付着するタングステンが生じてしまう。その結果、比較的短時間で管壁黒化が生じることになる。

臭素（ハロゲン）と結合してしまう不純物としては、特に、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）、カルシウム（Ca）、クロム（C

r)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) が疑われる。その理由は、黒化を生じるランプ (従来のランプ 1000) から、ナトリウム (Na)、カリウム

(K)、およびリチウム (Li) の相対的に強い発光がしばしば観察されるからであり (後述の図 4 参照)、そして、黒くなった発光管の付着物として、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、またはニッケル (Ni) が検出されるからである。図 3 A から図 3 C に本実施形態のランプ 100 の発光スペクトル (放射強度) を示し、図 4 A から図 4 C に従来のランプ 1000 の発光スペクトル (放射強度) を示す。図 3 および図 4 から、ランプ 100 では、ナトリウム (Na)、リチウム (Li)、カリウム (K) の発光は実質的に観察されないのに対し、従来のランプ 1000 では、ナトリウム (Na)、リチウム (Li)、カリウム (K) の相対的に強い発光が観察されることがわかる。

したがって、本実施形態のランプ 100 は、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の量が、所定レベル以下の石英ガラスとタングステン電極から構成されていると言い換えることも可能である。

具体的には、発光管 10 (および封止部 20) を構成する石英ガラス中のナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の合計量は、例えば、従来のランプ 1000 の石英ガラスに含まれる不純物レベル以下 (表 1 および表 5 参照) であること、つまり約 2 ppm 以下である。さらに具体的に述べると、石英ガラス中のクロム (Ca)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の含有量 (含有率) は典型的に低レベルであるので、本実施形態のランプ 100 は、発光管 10 を構成する石英ガラス中のナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca) の合計量が約 2 ppm 以下となるように構成されていけばよい。

また、タングステンからなる電極 12 に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の合計量は、例えば、従来のランプ 1000 のタングステンのレベル以下 (表 2 および表 6 参照) であること、つまり約 15 ppm

m以下である。

なお、本実施形態のランプ100においては、発光管10（および封止部20）を構成する石英ガラス中のナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）の合計量は約2 ppm（この値は、従来のランプ1000の石英ガラス中の（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）の合計量に相当）以下であることが好ましく、約1 ppm以下であることがさらに好ましい。その理由は、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）は可視波長域に発光スペクトルを有するので（図4参照）、これらの不純物（アルカリ金属）は、ハロゲンと結合してタングステンのハロゲン輸送サイクルを不完全にするだけでなく、ランプの光色に悪い影響を与えるからである。

さらに詳しく述べると、例えば、ナトリウム（Na）は、波長589 nm付近に発光を有するために、光色を黄ばんだものとしてしまう。さらに、不運なことに、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）は、図4A～図4Cにも示したように、ほんの数 ppm程度の量だけ石英ガラス中に含まれていても、励起エネルギーレベルが2～3 eVと低いために、比較的強く発光してしまう。ナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）を約1 ppm以下のレベルにまで少なくすると、比較的発光も弱くすることができ、光色にほとんど影響を及ぼさないようにすることができる（図3参照）。

石英ガラスについての説明と同様の理由によって、本実施形態のランプ100においては、電極12を構成するタングステンに含まれるナトリウム（Na）、カリウム（K）、リチウム（Li）の合計は約5 ppm以下であることが好ましく、約1 ppm以下であることがより好ましい。

また、本実施形態のランプ100においては、電極12を構成するタングステンに含まれるクロム（Cr）、鉄（Fe）およびニッケル（Ni）の合計量は約10 ppm以下であることが好ましく、約3 ppm以下であることがより好ましい。その理由は、クロム（Cr）、鉄（Fe）およびニッケル（Ni）のハロゲン化合物は非常に蒸発しにくいので、仮にそれらがランプの動作中に発光管10内に染み出てきて臭素（ハロゲン）と結合すると、直ちに管壁に付着した状態となり、なおかつ2度と蒸発しないからである。すなわち、クロム（Cr）、鉄（Fe）

およびニッケル (Ni) の染み出しは、直ちに管壁黒化を生じ、極めて短い時間でランプを寿命に至らしめるからである。この観点から、クロム (Cr)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) の許容されるべき上限値は、可能な限り小さい方が好ましい。ただし、実用的観点の範囲においては、おおよそ 3 ppm 程度が上限値として十分であることを本願発明者は実験的に確認している。

実用的な観点から 3 ppm 程度の上限値で十分である理由は、次のようである。数百ワットまでの高圧放電ランプの電極 12 の重量は、おおよそ数十ミリグラムから百数十ミリグラムのオーダーであるから、クロム (Cr)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) の合計量が約 3 ppm の場合、その総モル数は、おおよそ 10^{-4} から $10^{-3} \mu\text{mol}$ のオーダーとなる。この値は、封入しているハロゲン臭素 (Br) の総モル数 (約 $3 \times 10^{-2} \mu\text{mol}$) よりも一桁以上も十分に少ない量であるため、実用的な観点から 3 ppm 程度の上限値で十分といえることになる。

このことに関連して、本実施形態のランプ 100 においては、発光管 10 内に封入される臭素 (Br) の量は、電極 12 に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) の総モル数の 10 倍以上であることが好ましい。当該総モル数の 10 倍以上の量の臭素が封入されていると、それらの不純物が電極 12 から染み出して臭素 (Br) と結合しても、タングステンを電極 12 に戻すのに十分な量の臭素 (Br) が発光管 10 内に絶えず存在していることになるからである。

ナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca) などの不純物は石英ガラス中にも含まれているが、ランプ動作中の温度は、石英ガラスよりもタングステン電極 12の方がずっと高いので、石英ガラスおよびタングステン電極 12 のそれぞれからの不純物の放出は、タングステン電極 12 からの方が支配的となる。このため、発光管 10 内に封入される臭素 (Br) の量は、電極 12 に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、カルシウム (Ca)、クロム (Cr)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) の総モル数を上述したように考慮して封入すれば十分である。

さらに、本実施形態のランプ100においては、発光管10内に封入される臭素(Br)の量は、電極12と石英ガラスに含まれるナトリウム(Na)、カリウム(K)、リチウム(Li)、カルシウム(Ca)、クロム(Cr)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)の合計モル数だけではなく、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、リチウム(Li)、カルシウム(Ca)、クロム(Cr)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)に代表される金属元素(すなわち、臭素と結合可能で、タングステンと臭素の結合をじゃまする金属元素)であって、発光管10内の存在する水銀以外の金属元素の合計モル数よりも多いことが好ましい。

さらに、その合計モル数と、動作中にタングステン電極12から蒸発して発光管1内に漂うタングステンのモル数(ランプ動作中の電極12の最高温度は典型的に約3000℃から約3400℃であり、この温度に対するタングステンの飽和蒸気圧は、おおよそ 10^{-3} Pa $\sim 10^{-1}$ Paである。したがって、発光管10内に存在するタングステンのモル数は 10^{-3} マイクロモル $\sim 10^{-1}$ マイクロモルであって、典型的には、電極12や石英ガラスに含まれる不純物よりも非常に少量である。)との総和よりも、臭素(Br)のモル数が多いことがより好ましく、10倍ないし100倍以上多いことがさらに好ましい。

このような量の臭素を発光管10内に封入することによって、電極12から蒸発したタングステンと結合可能な臭素を絶えず確保することが可能となり、それゆえ、電極12から蒸発したタングステンは、いつでも容易に臭素と結合することができる。10倍ないし100倍以上の臭素量を封入した場合、ランプ動作中にいくらかの割合で起こる電極やガラスの吸着によって臭素量が減少したとしても、その減少量は、実質的にタングステンと結合可能な臭素量に対して無視することができる。このことは、完全なハロゲン輸送サイクルが保証され、非常に長い時間のあいだ実質的に発光管10の黒化を予防できることを意味している。

ただし、臭素(Br)が逆にあまりに多量に存在する場合、ランプの放電開始電圧が上昇しランプの点灯が困難になる。その理由を次に述べる。臭素などのハロゲン元素は、電気陰性度が大きいために電気を捕獲しやすく、そのため、Brが多量に存在すると、電極の間隙(間隙の気体)を絶縁破壊させて放電を起こす。それゆえ、ランプを点灯させる際に電極間での「電子なだれ」が起きにくくなり、

ランプが点灯しにくくなる。本実施形態では、臭素封入量は約 $100 \mu\text{mol/cc}$ 以下にしている。なお、これを超える Br 量ではランプを点灯させるためには、 20 kV 以上の高圧パルスをランプに印加させればよい。 20 kV を超える電圧を TV などの民間用電子機器などで使用する場合には、安全上、絶縁距離を長くしたり、さらに、その高電圧発生部に特殊な絶縁カバーやシートを貼るなどの処理をとることが好ましい。

また、本実施形態のランプ 100 の構成において、石英ガラスに含まれるアルミニウム (Al) 量を例えば約 10 ppm 以下、好ましくは約 5 ppm 以下とすると、発光管 10 の失透が抑制されるという別の効果が得られる。この範囲のアルミニウム (Al) の量にすると、ランプ動作中の高い温度によって起こる酸化アルミニウム (Al_2O_3) の生成を非常に少なくすることができ、その結果、透明な発光管 10 を保持することができる。酸化アルミニウムの生成は、ガラス強度を低下させるので、石英ガラスに含まれるアルミニウム (Al) 量を例えば約 10 ppm 以下、好ましくは約 5 ppm 以下にすることによって、寿命中のランプの破裂確率を大幅に低減させることができるという別の効果も得られる。同様の理由によって、石英ガラスに含まれる OH 基 (水酸基) の量は約 5 ppm 以下にすることが好ましい。

また、本願発明者は、高圧放電ランプの発光管 10 内に含まれている水素 (H) の含有量 (含有率) が少ないほど、発光管 10 の黒化が起こりにくいことを実験的に見出した。発光管内の水素含有量 (体積%) と黒化と関係を下記表 7 に示す。黒化の判定は、ランプを 1 時間点灯した後、ランプを目視観察して行った。表中「○」は黒化なしを表し、「×」は黒化したことを表している。

表7

	発光管内の水素量 Vol%	黒化判定
サンプル1	0.04	○
サンプル2	0.07	○
サンプル3	0.09	○
サンプル4	0.14	○
サンプル5	0.15	○
サンプル6	0.18	×
サンプル7	0.21	○
サンプル8	0.3	×
サンプル9	0.5	×
サンプル10	1.4	×

表7から、発光管内の水素含有量（体積％）がある値以上になると、黒化がおこることが理解できる。したがって、黒化防止の観点から、発光管内に含まれている水素の含有量が0.15体積％以下であることが黒化防止の観点から好ましい。表7は、石英ガラスおよびタングステン電極12の両者とも不純物が少ないものから構成したランプ100の場合の結果を示しているが、従来の不純物レベルの石英ガラスおよびタングステン電極12から構成したランプの場合でも、同様の傾向を示す結果となった。このように水素含有量が少ないランプが黒化を起こさない正確な理由は不明であるが、HBr（臭化水素）に代表されるように、HとBrとの安定な化合物が存在することから推測すると、NaやLiなどの金

属元素と同様に H_2 （気体元素）もBrと結合しやすい性質があり、WとBrとの反応を阻害する物質であると考えられる。

さらに、本願発明者は、高圧放電ランプの発光管10における残留歪みを所定の値以下にすれば、ランプ寿命を延ばすことができることも見出した。図5は、ランプ100の発光管10周囲を拡大した構成を示している。なお、図5では、電極12の先端部分にコイル14が巻かれた構成を示している。

図5に示した残留歪みが少ない発光管10においては、発光管10の外面10aにおける引っ張り応力が約100psi以下しかなく、発光管10の内面10bにおける圧縮応力が約100psi以下しかない。一方、残留歪みの多い従来のランプ1000においては、発光管10の外面10aにおける引っ張り応力は、700～2300psiであり（2300psi=156.5atm）、発光管10の内面10bにおける圧縮応力は、700～2300psiである。なお、外面10aにおいて引っ張り応力が加わり、内面10bにおいて圧縮応力が加わるのは、発光管10の成形方法によるものである。すなわち、発光管10の成形は、典型的に、ガラス管を加熱軟化させた状態で管内を加圧にしながらガラス管を型に押し当て、そして膨らませることによって行われるため、型に接触するガラス管の外側（外面）の温度がまず低下することになり、その結果、外面10aに引っ張り応力が加わり、内面10bに圧縮応力が加わることとなる。

本実施形態における残留歪みが少ない発光管10のランプ特性（ランプ寿命）を下記表8に示し、従来の残留歪みが多い発光管のランプ特性（ランプ寿命）を下記表9に示す。このランプ特性の試験結果は、15分間点灯と15分間消灯とを1サイクルとした点灯消灯を繰り返し、何サイクルでランプが破裂などにより点灯しなくなるかを調べた結果である。

表8

	残留歪みなしランプ
サンプル1	1500サイクルまで正常に点灯。
サンプル2	同上
サンプル3	同上
サンプル4	同上
サンプル5	同上
サンプル6	同上
サンプル7	同上
サンプル8	同上
サンプル9	同上
サンプル10	同上

表9

	残留歪みありランプ
サンプル1	1サイクルで破裂。
サンプル2	2サイクルで破裂。
サンプル3	5サイクルで破裂。
サンプル4	6サイクルで破裂。
サンプル5	2サイクルで破裂。
サンプル6	12サイクルで破裂。
サンプル7	4サイクルで破裂。
サンプル8	2サイクルで破裂。
サンプル9	1サイクルで破裂。
サイクル10	15サイクルで破裂。
サイクル11	7サイクルで破裂。
サイクル12	6サイクルで破裂。
サイクル13	12サイクルで破裂。
サイクル14	9サイクルで破裂。

表 8 から、本実施形態の残留歪みが少ない発光管のランプでは、ランプ No. 1 ～ No. 10 まで全て 1500 サイクルまで正常に点灯し、このランプの特性が優れていることがわかる。一方、表 9 から、従来の残留歪みが多い発光管のランプでは、多くのランプがわずかに数サイクルで破裂し、多くても 15 サイクルでランプの破裂が起こって、不点灯となっていることがわかる。すなわち、1500 サイクルまで正常に点灯するものは従来のランプでは一つもなく、本実施形態の残留歪みが少ない発光管のランプが、従来のランプよりもランプ特性において極めて優れていることが理解できる。

図 6 は、本実施形態におけるランプの寿命特性を示しており、図 6 中の線 A ～ C は、本実施形態のランプを反射鏡に組み込んだ構成におけるスクリーンの明るさの維持率 (%) を示している。図 6 中の線 A は、高純度石英ガラス（不純物が少ない石英ガラス）と高純度タングステン電極（不純物が少ないタングステン電極）とから構成したランプの場合を示しており、線 B は、従来の石英ガラス（不純物が従来レベルの石英ガラス）と高純度タングステン電極（不純物が少ないタングステン電極）とから構成したランプの場合を示しており、そして、線 C は、高純度石英ガラス（不純物が少ない石英ガラス）と従来のタングステン電極（不純物が従来レベルのタングステン電極）とから構成したランプの場合を示している。なお、線 D は、従来の石英ガラス（不純物が従来レベルの石英ガラス）と従来のタングステン電極（不純物が従来レベルのタングステン電極）とから構成したランプの場合を示す比較例である。線 A から線 D の場合のいずれについても、発光管内の水素含有量が少なく、発光管の残留歪みが少ないランプが使用されている。

図 6 から、本実施形態のランプ（線 A から線 C）は、点灯時間が長くなっても、いずれも高い明るさの維持率 (%) を示し、本実施形態のランプの寿命特性が優れていることがわかる。本実施形態のランプ（線 A から線 C）はいずれも、点灯時間が 4000 時間の時点でも、80% 以上の明るさの維持率を確保しており、線 A についてのランプでは、5000 時間の時点でも、点灯開始時と同じ明るさの維持率を実質的に確保している。一方、比較例のランプ（線 D）では、点灯開始から比較的早い時間に明るさの維持率が低下し、そして 2000 時間の時点で

ほぼ50%程度の明るさの維持率にまで低下している。比較例と比べると、本実施形態のランプ（線Aから線C）の寿命特性が非常に優れていることがはっきりと理解できる。

（実施形態2）

図7から図9を参照しながら、本発明による実施形態2の説明をする。本実施形態では、従来技術と比較して、発光管における残留歪みを低下させた高圧放電ランプの製造方法を説明する。

本実施形態における高圧放電ランプの製造方法は、高圧放電ランプの形状を完成させてランプ形状完成体を得た後、ランプ形状完成体の残留歪みを除去する工程を包含している。残留歪みを除去する工程は、熱処理工程（アニーリング）であり、既知のランプ製作工程にしたがって得られたランプ形状完成体を得た後、このランプ形状完成体に対して実行される。

従来における高圧放電ランプの製造方法では、ランプ製作工程によってランプ形状完成体を得た後、このランプ形状完成体を高圧放電ランプとして提供しているため、ランプ形状完成体に対しては特別な熱処理は行われていない。その理由は、ランプ形状完成体に対して更なる工程を追加すると、高圧放電ランプ製造のスループットが低下するため、ランプの製造効率が低下するからである。しかし、上述したように、残留歪みが少ない発光管を有する高圧放電ランプのランプ特性（ランプ寿命）が優れていることを本願発明者が見出したことより、この優れたランプ特性を有する高圧放電ランプを得るために、ランプ形状完成体に対してあえて熱処理工程を追加して、高圧放電ランプを得る高圧放電ランプの製造方法を実現した。

図7を参照しながら、本実施形態における高圧放電ランプの製造方法を例示する。図7は、本実施形態の製造方法を説明するためのフローチャートである。

まず、高圧放電ランプを製造するための石英ガラス管を用意する（S100）。上記実施形態1で説明した低不純物の発光管を有するランプ100を製造する場合には、高純度の石英ガラスからなるガラス管を用意する。

次に、公知のランプ製作工程を実行して、ランプ形状完成体を得る（S20

0)。具体的には、図8に示すようにすればよい。まず、図8Aに示すように、発光管部10と側管部22とを有する放電ランプ用ガラス管50内に、電極12と外部リード30とを有する金属箔(Mo箔)24を挿入する(電極挿入工程S210)。次に、図8Bに示すように、ガラス管(ガラスパイプ)50内を減圧状態(例えば、1気圧以下)にした上で、バーナー54でガラス管50の側管部22を加熱し軟化させることによって、側管部22と金属箔24との両者を密着させ、それによって封止部20を形成する(封止部形成工程S220)。その後、発光管部10内に希ガスとハロゲンと水銀とを封入し、次いで、電極挿入工程S210と封止部形成工程S220とを他方の側管部22に対しても実行して、一对の封止部20によって発光管10を密閉すると、図8Cに示すように、ランプ形状完成体90が得られる。

得られたランプ形状完成体90に対して、残留歪み除去工程S300を施すと、残留歪みが除去された高圧放電ランプが得られる。残留歪み除去工程S300は、例えば、次のようにして実行される。

まず、ランプ製作工程S200で得られたランプ形状完成体90を、ガラスの軟化点温度(1500℃~1670℃程度)よりも低い温度の高温条件下、好ましくは、温度1000℃~1100℃程度の高温条件下の炉に入れる。炉内は、例えば、不活性気体(Ar、N₂)雰囲気、大気雰囲気、または真空雰囲気にされている。この条件の下でランプ形状完成体90を例えば1時間以上(場合によっては、1時間以内でも可能)保持し、その後、例えば一晩かけて室温まで下げると、ランプ形状完成体90全体の残留歪みが除去されて、ランプ寿命特性に優れた高圧放電ランプが得られる。

なお、1100℃よりも高い温度条件の場合、より短い高温保持時間(例えば、除冷点にあたる温度1215℃ではわずか15分)で残留歪みが解消される。ただし、1100℃よりも高い温度(場合によっては1150℃よりも高い温度)では、発光管10の内部は蒸発した水銀蒸気によって比較的高圧になっているので、熱処理中に炉内でランプが破裂したり、またはガラスの結晶化が進行して白く失透する可能性が高くなる。また、1000℃未満の温度では歪みの解消に長い時間を有することになる。

また、本願発明者は、残留歪み除去工程 S 3 0 0 において、ランプ形状完成体 9 0 を高温条件下で保持する時間を 1 0 0 時間以上にすると、驚くべきことに、発光管 1 0 内に含まれる水素量を低減できることを見出した。上述したように、発光管内の水素量を低減すると優れたランプ特性を有する高圧放電ランプを提供できる。しかし、水素 (H) は、石英ガラス中や雰囲気などのあらゆるところに存在しているため、水素を効果的に低減することは難しい。本願発明者は、ランプ形状完成体 9 0 を高温条件下で保持する時間を 1 0 0 時間以上 (例えば、1 0 0 時間から 2 0 0 時間程度) にすることによって発光管 1 0 内の水素量を低減することを実現した。

図 9 に、残留歪み除去工程 S 3 0 0 における熱処理時間 (時間) と水素量 (任意目盛り) との関係を示す。水素量の測定誤差もあるために熱処理時間と水素量との関係を明確に説明することは難しいが、本願発明者の測定結果によれば、1 0 0 時間以上 (例えば、2 0 0 時間) の処理時間において、水素が検出されなくなることが示された。図 9 に示した測定結果は、温度 1 0 8 0 °C で真空雰囲気中のデータであるが、大気中や A r 中でも同様な測定結果が得られた。

(実施形態 3)

上記実施形態 1 の高圧放電ランプ 1 0 0 は、反射鏡と組み合わせランプユニットにすることができる。図 1 0 は、上記実施形態 1 のランプ 1 0 0 を備えたランプユニット 5 0 0 の断面を模式的に示している。

ランプユニット 5 0 0 は、略球形の発光部 1 0 と一対の封止部 2 0 とを有する放電ランプ 1 0 0 と、放電ランプ 1 0 0 から発せられた光を反射する反射鏡 6 0 とを備えている。

反射鏡 6 0 は、例えば、平行光束、所定の微小領域に収束する集光光束、または、所定の微小領域から発散したのと同等の発散光束になるように放電ランプ 1 0 0 からの放射光を反射するように構成されている。反射鏡 6 0 としては、例えば、放物面鏡や楕円面鏡を用いることができる。

本実施形態では、ランプ 1 0 0 の一方の封止部 2 0 に口金 5 5 が取り付けられており、封止部 2 0 から延びた外部リードと口金とは電氣的に接続されている。

口金 55 が取り付けられた側の封止部 20 と反射鏡 60 とは、例えば無機系接着剤（例えばセメントなど）で固着されて一体化されている。反射鏡 60 の前面開口部側に位置する封止部 20 の外部リード 30 には、リード線 65 が電氣的に接続されており、リード線 65 は、外部リード 30 から、反射鏡 60 のリード線用開口部 62 を通して反射鏡 60 の外にまで延ばされている。反射鏡 60 の前面開口部には、例えば前面ガラスを取り付けることができる。

このようなランプユニットは、例えば、プロジェクションテレビ用の光源、または、液晶プロジェクタや DMD を用いたプロジェクタ用の光源として使用することができる。上記実施形態の高圧放電ランプおよびランプユニットは、これらの用途の他に、一般照明、紫外線ステッパ用光源、または競技スタジアム用光源や自動車のヘッドライト用光源などとしても使用することができる。

（他の実施形態）

上記実施形態では、 150 mg/cc の水銀を封入した場合を例にして説明したが、この水銀量に限定されず、この水銀量よりも多くても少なくてもよい。すなわち、上記実施形態では、水銀蒸気圧が 20 MPa 程度の場合（いわゆる超高圧水銀ランプの場合）について説明したが、水銀蒸気圧が 1 MPa 程度の高圧水銀ランプについても適応可能である。また、一对の電極 12 間の間隔（アーク長）は、ショートアーク型であってもよいし、それより長い間隔であってもよい。上記実施形態の高圧放電ランプは、交流点灯型および直流点灯型のいずれの点灯方式でも使用可能である。

また、水銀の代わりに、あるいは水銀とともに、金属ハロゲン化物を封入してもよい。すなわち、上記実施形態では、発光物質として水銀を使用する水銀ランプを高圧放電ランプの一例として説明したが、金属ハロゲン化物を封入したメタルハライドランプなどの高圧放電ランプにも適用することができる。ただし、上記実施形態の高圧放電ランプの構成では、水銀封入量は約 200 mg/cc 以下とすることが好ましい。その理由は、これ以上の水銀封入量では、動作中の発光管 10 内の圧力が高くなりすぎて、封止部 20 のモリブデン箔 24 の部分で気密が保持できなくなり、ランプが破損してしまう確率が高くなるためである。なお、

気密を保持することが可能であれば、水銀封入量を約 200 mg/cc よりも大きくしてもよい。水銀封入量が 200 mg/cc を超える場合、発光管 10 内の気体の熱伝導性が高くなる。そのため、放電プラズマの熱が電極 12 や発光管 10（石英ガラス）に伝わりやすくなり、より高温状態となって、ガラスや電極からの不純物のしみ出しが激しくなる。それゆえ、このような 200 mg/cc を超える水銀を封入する場合、高純度の材料から構成した上記実施形態のランプ 100 はより強い効果を発揮する。

また、上記実施形態では、管壁負荷が約 80 W/cm^2 の場合を例にして説明したが、管壁負荷はこれに限定されない。小さくても良いし、逆に、これよりも高い負荷であってもよい。より高い負荷の場合、より高い温度状態で動作することから、ガラスや電極からの不純物のしみ出しが激しくなるので、高純度の材料から構成した上記実施形態のランプ 100 はより強い効果を発揮する。ただし、上記実施形態の高圧放電ランプの構成では、管壁負荷はおおよそ 100 W/cm^2 以下とすることが好ましい。その理由は、これを超える負荷では、発光管 10 の温度が高くなりすぎて、熱による変形や劣化という問題が生じるからである。この場合において、発光管 10 を冷却する別の手段を付加して当該問題を回避できるならば、管壁負荷を 100 W/cm^2 よりも大きくしてもよい。

さらに、上記実施形態では、定格電力 150 W の場合を例にして説明したが、定格電力はこれに限定されず、 150 W 以上でもよいし、 150 W 以下でもよい。ただし、上記実施形態の高圧放電ランプの構成は、 50 W 以上の比較的大きな電力のランプに特に適している。大きな電力のランプは、より高い温度状態で動作することから、ガラスや電極からの不純物のしみ出しが激しいので、高純度の材料から構成した上記実施形態のランプ 100 は、このような状態での動作においてより強い効果を発揮するからである。

なお、上記実施形態の高圧放電ランプは、ハロゲンとして臭素 (Br) を封入したランプを例にして説明したが、ハロゲンは塩素 (Cl) であってもよいし、碘素 (I) であってもよい。

また、上記実施形態では、発光管内に対向に配置された一対の電極間で放電によって放射されるいわゆる放電ランプを例にして説明したが、放電ランプだけで

なく、図 1 1 および 1 2 に示すような電球にも適用することが可能である。

図 1 1 は、上記実施形態の高圧放電ランプ 1 0 0 の構成において、一对のタングステン電極 1 2 の間がタングステンのコイル 1 6 で結ばれた電球 2 0 0 の構成を模式的に示している。電球 2 0 0 は、一对の電極 1 2 間がタングステンコイル 1 5 で結ばれていること、および発光管（バルブ）1 0 内に水銀が封入されていないことを除くと、上記実施形態 1 のランプ 1 0 0 の構成と実質的に同じである。タングステンコイル 1 6 は、不純物が少ない高純度タングステンからなり、好ましくは石英ガラスも高純度石英ガラスからなる。このように構成された電球 2 0 0 は、上記実施形態のランプ 1 0 0 と同様に、非常に寿命の長い電球となる。勿論、発光管 1 0 の残留歪みを小さくすれば、ランプの破裂が少なくなるため、より好ましい。

また、寿命の長い電球の別の例を図 1 2 に示す。図 1 2 は、一般の家庭に使われる白熱電球によく似た構成の電球（ランプ）3 0 0 を模式的に示している。電球 3 0 0 は、タングステンフィラメント 1 6 に上述の高純度タングステンを使用し、バルブ 1 0 内に封入されるガスとしてハロゲンとアルゴン（Ar）やキセノン（Xe）を使用することを除くと、その他の構成は、よく知られた白熱電球の構成と同様である。アンカ 1 7 や内部導入線 1 9 a、封緘部導入線 1 9 b や外部導入線 1 9 c を高純度のタングステンに置き換えた構成にしても勿論構わない。

以上、本発明の好ましい例について説明したが、こうした記述は限定事項ではなく、勿論、種々の変形が可能である。

産業上の利用可能性

本発明によれば、従来技術では早期にランプ寿命がきてしまうような高出力条件で使用しても、長寿命（例えば、5 0 0 0 時間から 1 0 0 0 0 時間以上）の高圧放電ランプが提供される。本発明の高圧放電ランプは、例えば反射鏡と組み合わせ、プロジェクションテレビ用の光源、または、液晶プロジェクタや DMD を用いたプロジェクタ用の光源として使用することができる。また、これらの用途の他に、一般照明、紫外線ステッパ用光源、または競技スタジアム用光源や自動車のヘッドライト用光源などとしても使用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記ハロゲンのモル数は、前記ハロゲンと結合する性質を有する金属元素であって前記発光管内に存在する金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多い、高圧放電ランプ。

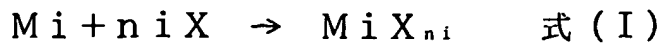
2. 前記金属元素（ただし、タングステン元素および水銀元素を除く）の各種類を M_i としたときの前記金属元素 M_i のモル数を m_i とし、前記金属元素 M_i の化学量論係数を n_i とした場合において、前記金属元素 M_i の前記モル数 m_i に前記化学量論係数 n_i を乗じた数を前記金属元素 M_i の各種類について足し合わせた合計数（ $\sum (m_i \times n_i)$ ）と、前記タングステンの前記モル数との和よりも、前記ハロゲンの前記モル数が多いことを特徴とする、請求項 1 に記載の高圧放電ランプ。

3. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記発光管内に封入されたハロゲンを X としたときの前記ハロゲン X のモル数を N とし、前記ハロゲン X と結合する性質を有する金属元素であって前記発光管内に存在する金属元素の各種類を M_i としたとき、前記金属元素 M_i のモル数を m_i とし、前記金属元素 M_i の化学量論係数を n_i とし、そして、タングステンを W とした場合において、

下式（I）の化学反応における平衡定数を K_i とし、



下式 (II) の化学反応における平衡定数を K_w としたときに、



平衡定数 K_w 以上の平衡定数 K_i を有する金属元素 M_i のモル数の合計と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステン W のモル数との和よりも、前記発光管内に封入されたハロゲン X のモル数 N の方が多いことを特徴とする、高圧放電ランプ。

4. 前記平衡定数 K_w 以上の前記平衡定数 K_i を有する前記金属元素 M_i のモル数 m_i に前記化学量論係数 n_i を乗じた数を前記金属元素 M_i の各種類について足し合わせた合計数 ($\sum (m_i \times n_i)$) と、前記タングステンの前記モル数との和よりも、前記ハロゲン X の前記モル数 N が多いことを特徴とする、請求項 3 に記載の高圧放電ランプ。

5. 前記金属元素は、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) からなる群から選択された少なくとも 1 種である、請求項 1 から 4 に記載の高圧放電ランプ。

6. 前記発光管内に含まれている水素 (H) の含有量が 0.15 体積% 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 5 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

7. 前記発光管の外面上における引っ張り応力が 100 psi 以下であり、前記発光管の内面上における圧縮応力が 100 psi 以下である、請求項 1 から 6 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

8. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在するナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多いことを特徴とする、高圧放電ランプ。

9. 前記ハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在するナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、セシウム (Cs)、およびルビジウム (Rb) の合計モル数と、前記タングステンのモル数との和よりも多いことを特徴とする、請求項 8 に記載の高圧放電ランプ。

10. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記発光管内に存在する金属元素であって 1 価のハロゲン化物を生成する金属元素の合計モル数と、ランプ動作中において前記電極から蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多いことを特徴とする、高圧放電ランプ。

11. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の含有量がそれぞれ 1 ppm 以下であることを特徴とする、高圧放電ランプ。

12. 前記発光管における前記石英ガラスに含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の含有量がそれぞれ 1 ppm 以下である

ことを特徴とする、請求項 1 1 に記載の高圧放電ランプ。

1 3. 前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の合計モル数よりも多いことを特徴とする、請求項 1 1 または 1 2 に記載の高圧放電ランプ。

1 4. 前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、およびリチウム (Li) の前記合計モル数の 5 倍以上であることを特徴とする、請求項 1 3 に記載の高圧放電ランプ。

1 5. 前記電極に含まれるクロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の含有量が 3 ppm 以下であることを特徴とする請求項 1 1 から 1 4 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

1 6. 前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の合計モル数よりも多いことを特徴とする、請求項 1 5 に記載の高圧放電ランプ。

1 7. 前記発光管内に封入されるハロゲンのモル数は、前記電極に含まれるナトリウム (Na)、カリウム (K)、リチウム (Li)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、およびニッケル (Ni) の前記合計モル数の 5 倍以上であることを特徴とする、請求項 1 6 に記載の高圧放電ランプ。

1 8. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、

前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプであって、

前記発光管における前記石英ガラスに含まれるナトリウム (Na)、カリウム

(K)、およびリチウム (Li) の含有量がそれぞれ 1 ppm 以下であることを特徴とする、高圧放電ランプ。

19. 前記発光管内に含まれている水素 (H) の含有量が 0.15 体積% 以下であることを特徴とする、請求項 8 から 18 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

20. 前記発光管の外面上における引っ張り応力が 100 psi 以下であり、前記発光管の内面上における圧縮応力が 100 psi 以下である、請求項 8 から 19 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

21. 前記発光管における前記石英ガラスに含まれる OH 基の含有量が 5 ppm 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 20 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

22. 前記発光管における前記石英ガラスに含まれるアルミニウム (Al) の含有量が 10 ppm 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 21 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

23. 前記発光管内に封入されるハロゲンの量は、 $100 \mu\text{mol} / \text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 22 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

24. 前記発光管内に封入されるハロゲンは、臭素 (Br) またはヨウ素 (I) の少なくとも 1 つである、請求項 1 から 23 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

25. 前記発光管の管壁負荷が $80 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以上であることを特徴とする、請求項 1 から 24 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

26. 前記発光管内にさらに水銀 (Hg) が封入されたことを特徴とする、請求項1から25の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

27. 前記発光管内に封入される前記水銀 (Hg) の量は、 150 mg/cm^3 から 300 mg/cm^3 であり、ランプ動作中における水銀蒸気圧は、 15 MPa から 30 MPa であることを特徴とする、請求項26に記載の高圧放電ランプ。

28. 請求項1から27の何れか一つに記載の放電ランプと、前記放電ランプから発する光を反射する反射鏡とを備えたランプユニット。

29. 管内に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入され、実質的に石英ガラスからなる発光管と、前記発光管内に配置され、実質的にタングステンからなる電極とを備えた高圧放電ランプの製造方法であって、

高圧放電ランプの形状を完成させてランプ形状完成体を得た後、前記ランプ形状完成体の残留歪みを除去する工程を包含する、高圧放電ランプの製造方法。

30. 前記残留歪みを除去する工程は、前記ランプ形状完成体を 1000°C から 1100°C の高温条件下で1時間以上保持する工程を包含する、請求項29に記載の高圧放電ランプの製造方法。

31. 前記高温条件下で保持する工程は100時間以上行われる、請求項30に記載の高圧放電ランプの製造方法。

32. 内部に少なくとも希ガスとハロゲンとが封入されたバルブと、
前記バルブ内に配置された一对の内部導入線間を連結し、実質的にタングステンからなるフィラメントと

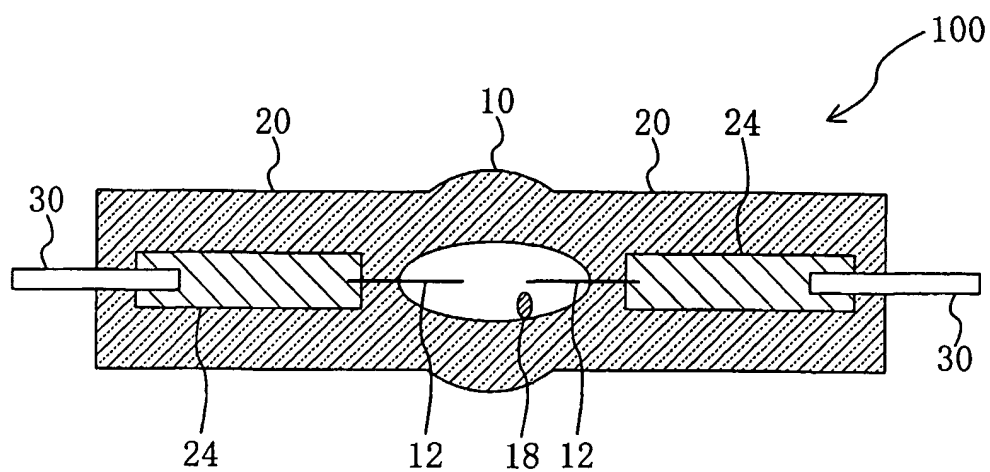
を備えた電球であって、

前記ハロゲンのモル数は、前記ハロゲンと結合する性質を有する前記バルブ内

に存在する金属元素（ただし、タングステン元素を除く）の合計モル数と、ランプ動作中において前記フィラメントから蒸発して前記発光管内に存在する前記タングステンのモル数との和よりも多い、電球。

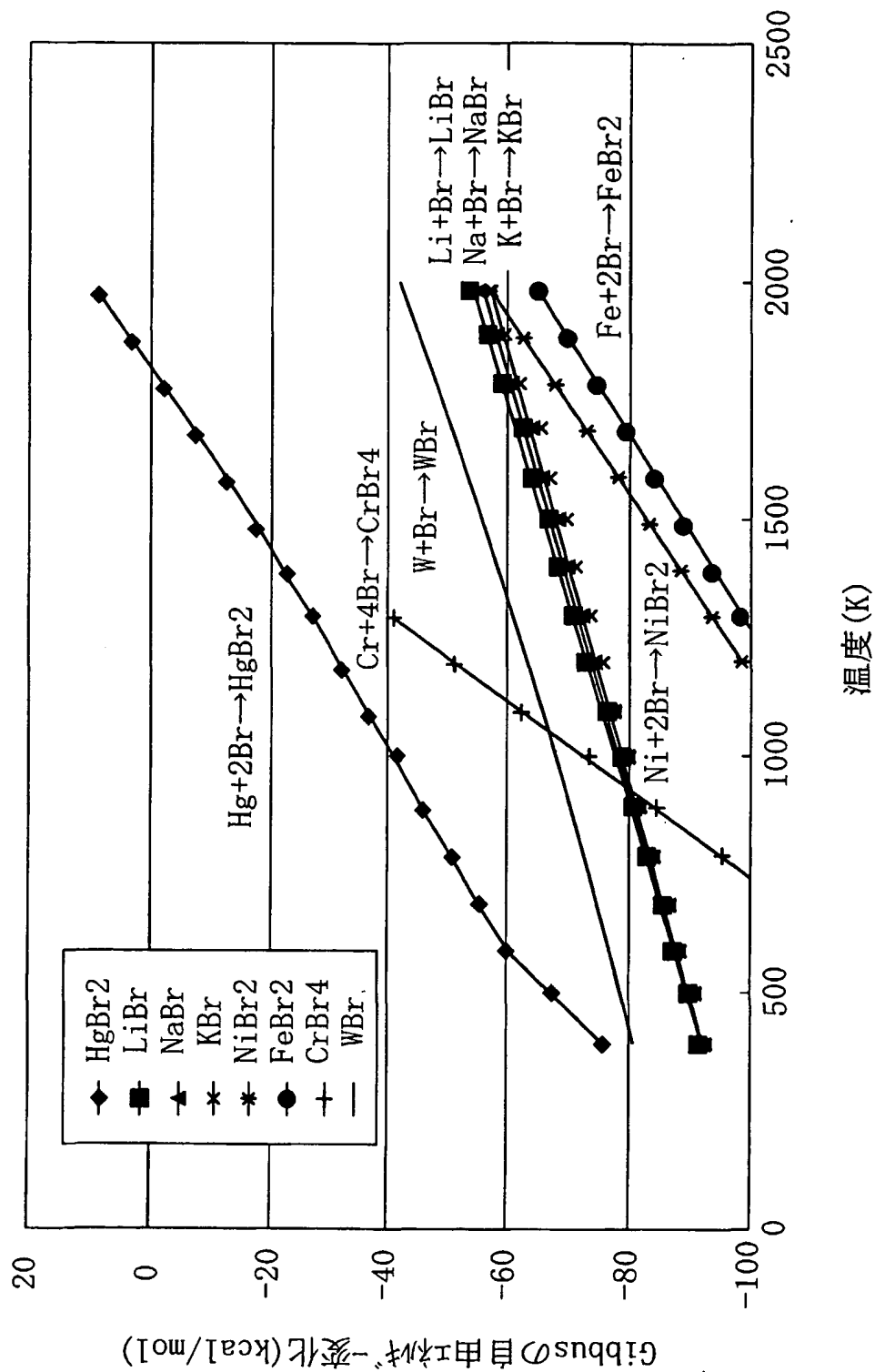
1/13

FIG. 1



2/13

FIG. 2



3/13

FIG. 3A

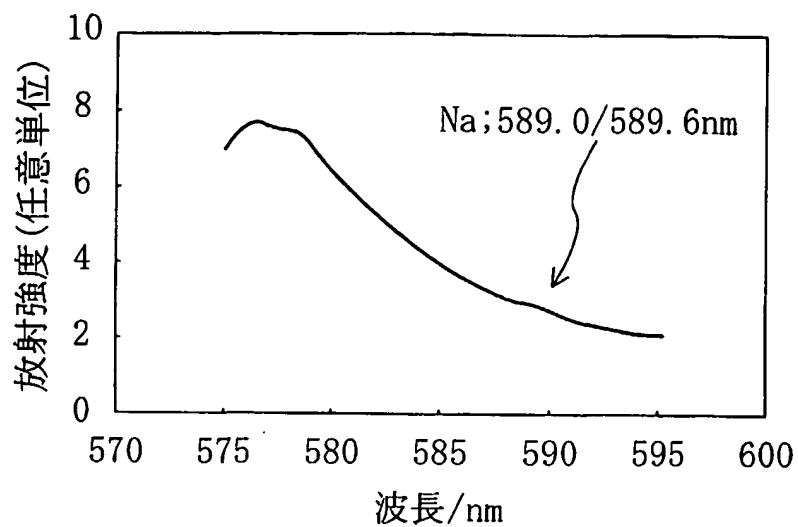


FIG. 3B

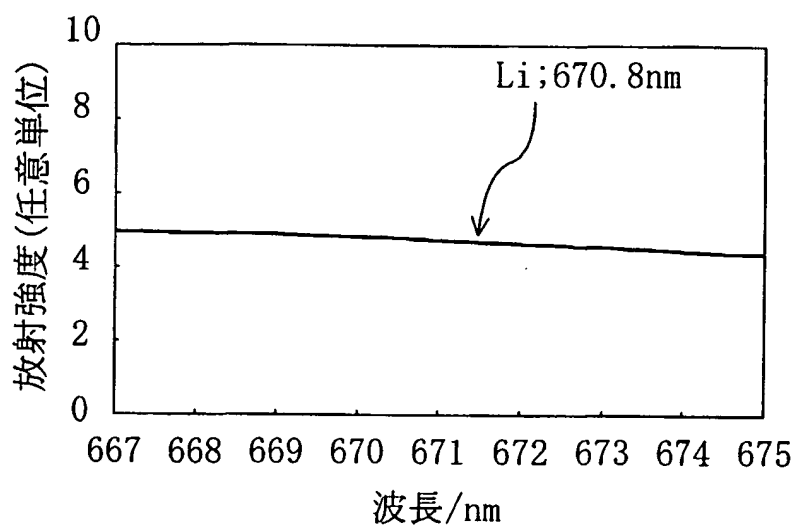
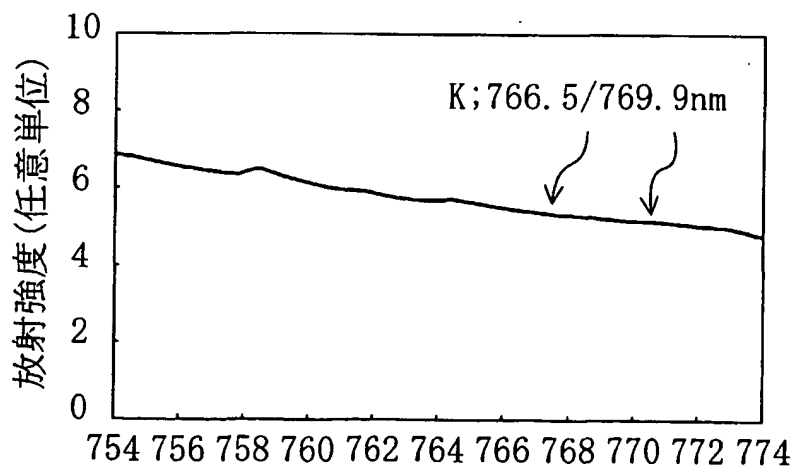


FIG. 3C



4/13

FIG. 4A

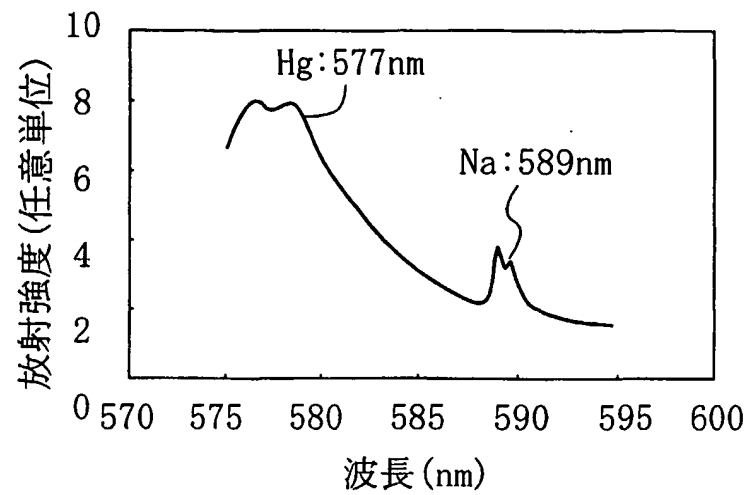


FIG. 4B

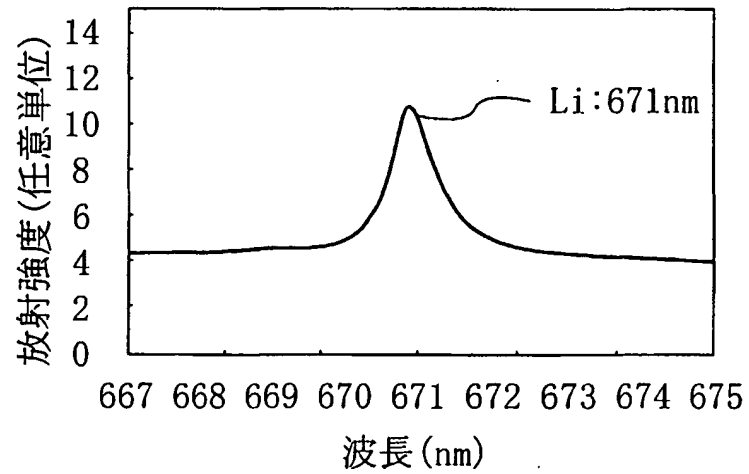
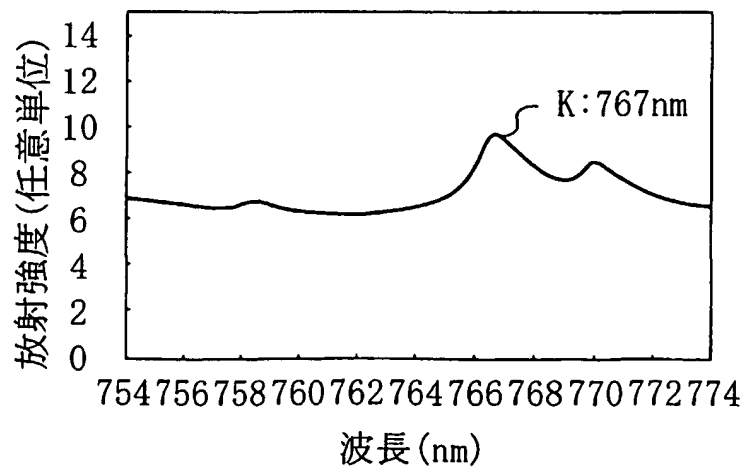


FIG. 4C



5/13

FIG. 5

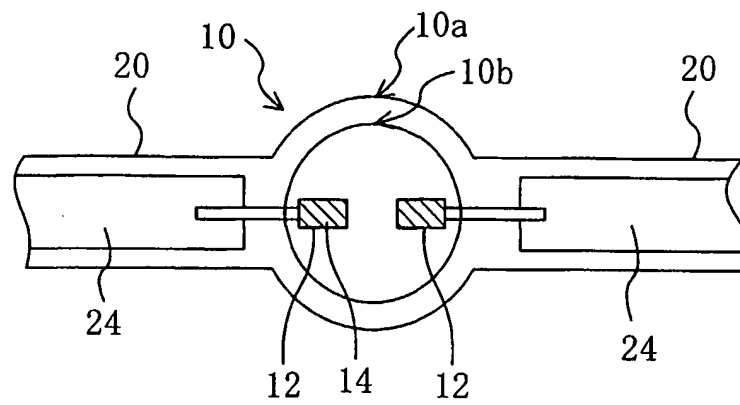
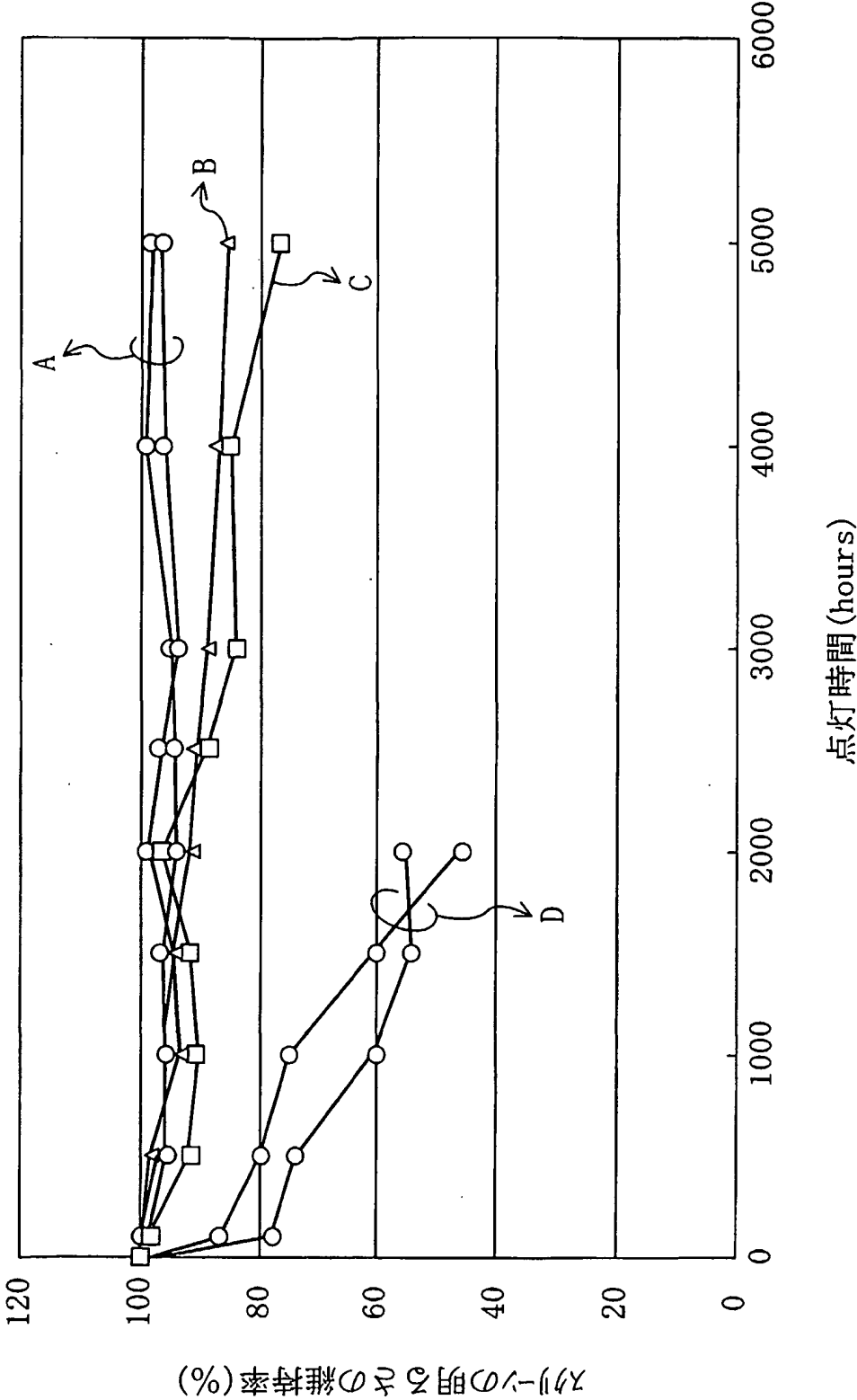
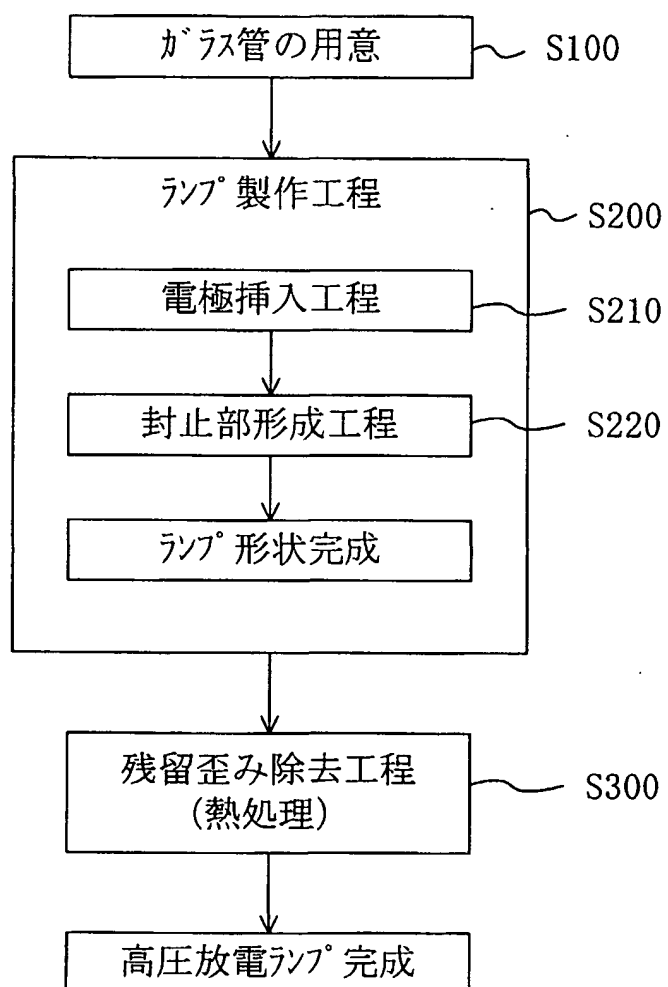


FIG. 6



7/13

FIG. 7



8/13

FIG. 8A

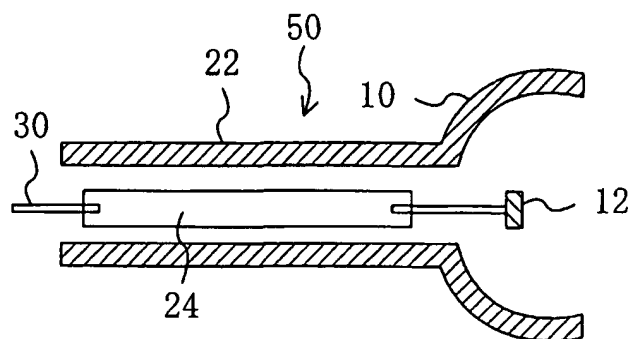


FIG. 8B

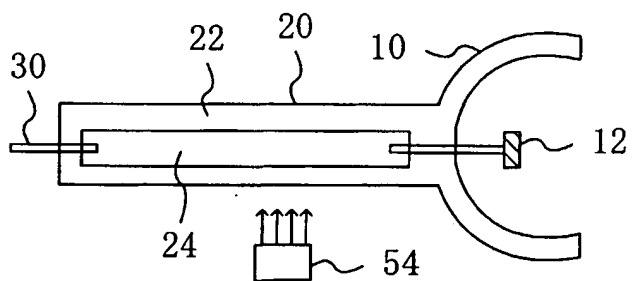
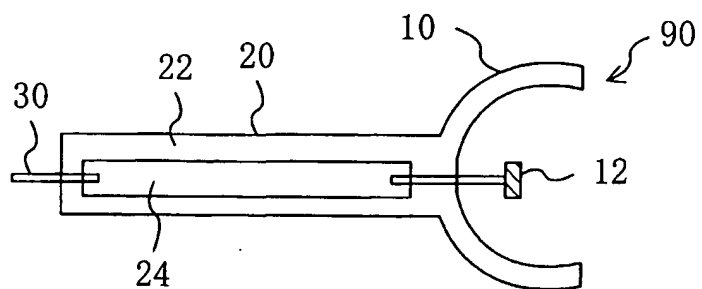
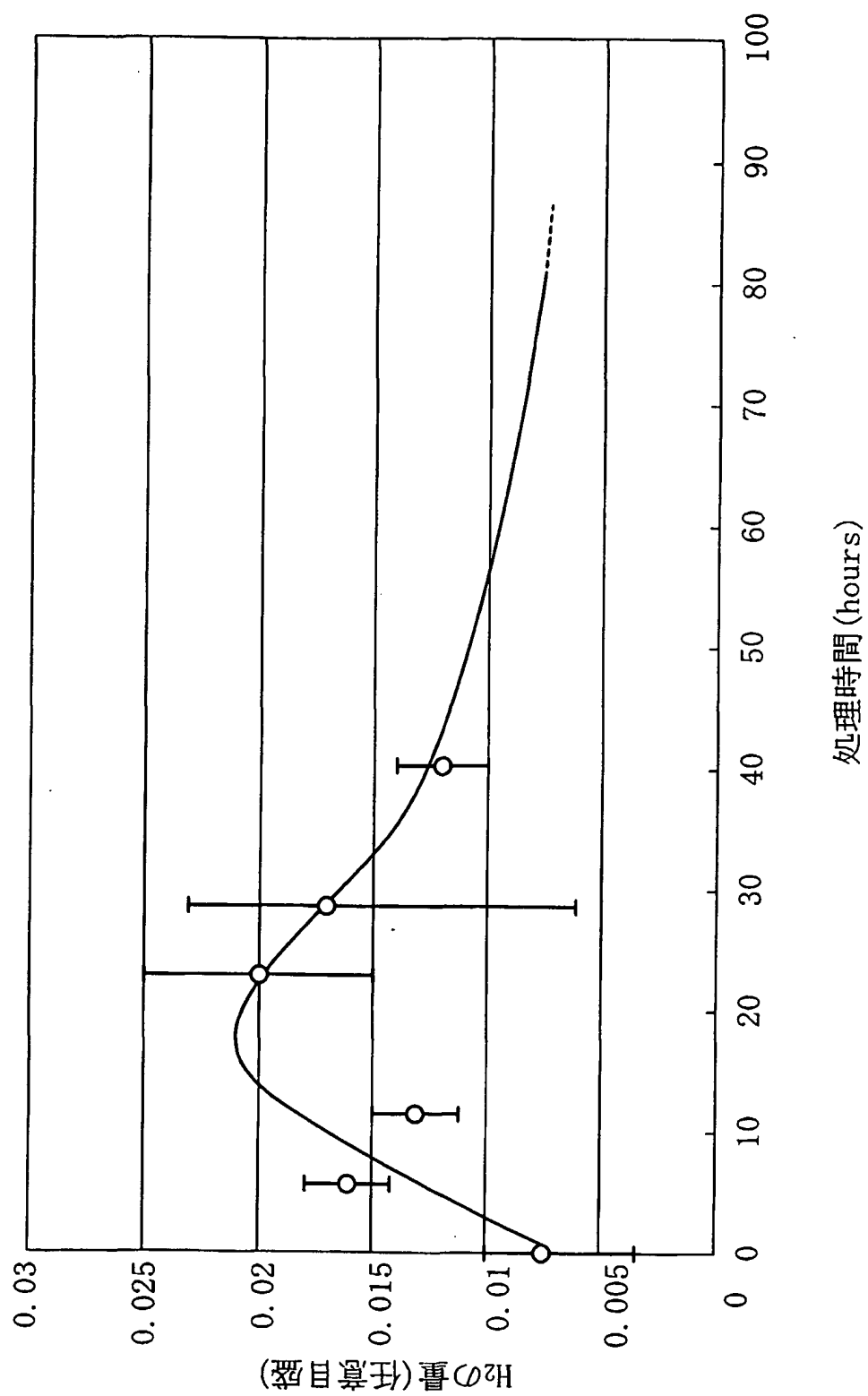


FIG. 8C



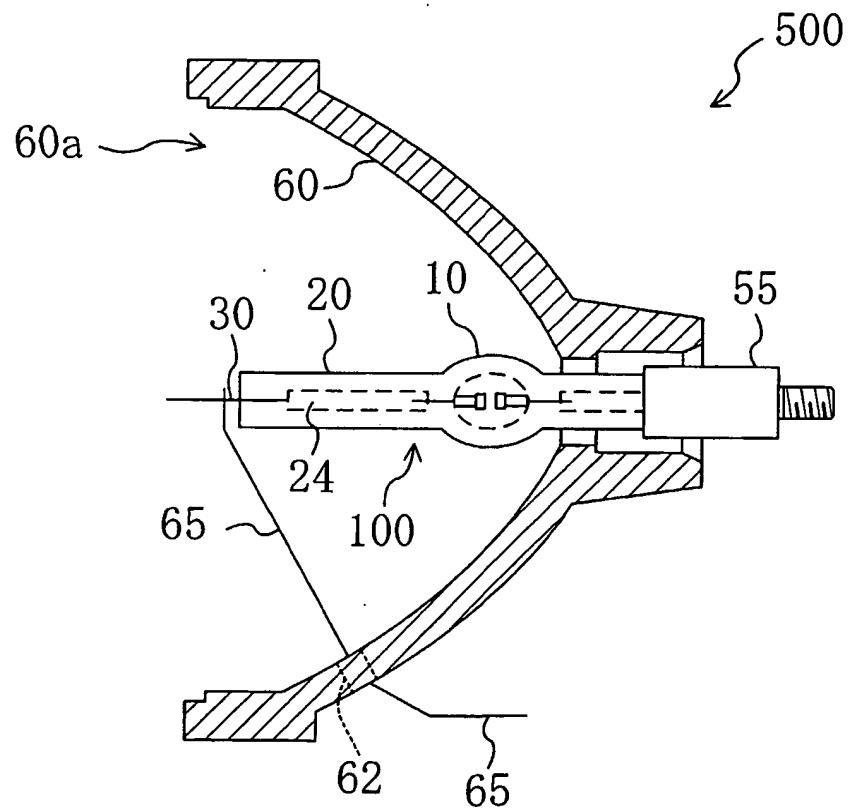
9/13

FIG. 9



10/13

FIG. 10



11/13

FIG. 11

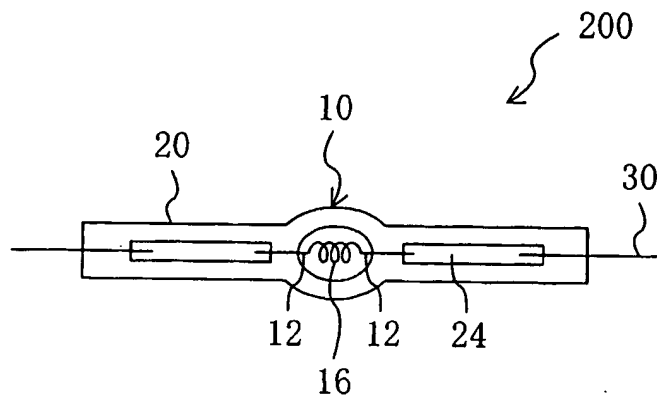
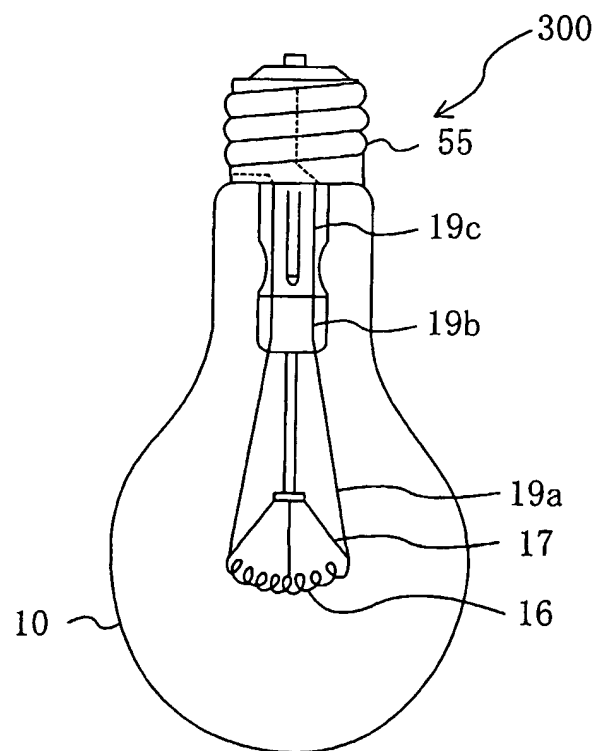
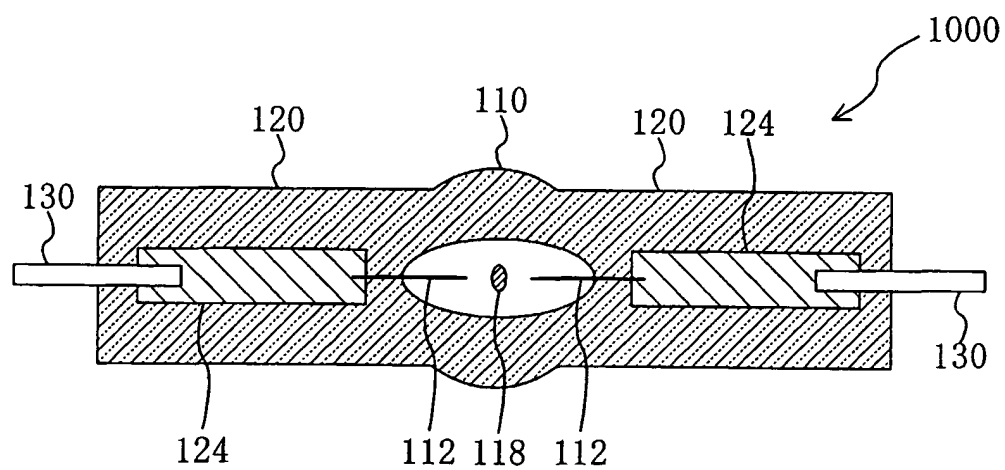


FIG. 12



12/13

FIG. 13



13/13

FIG. 14A

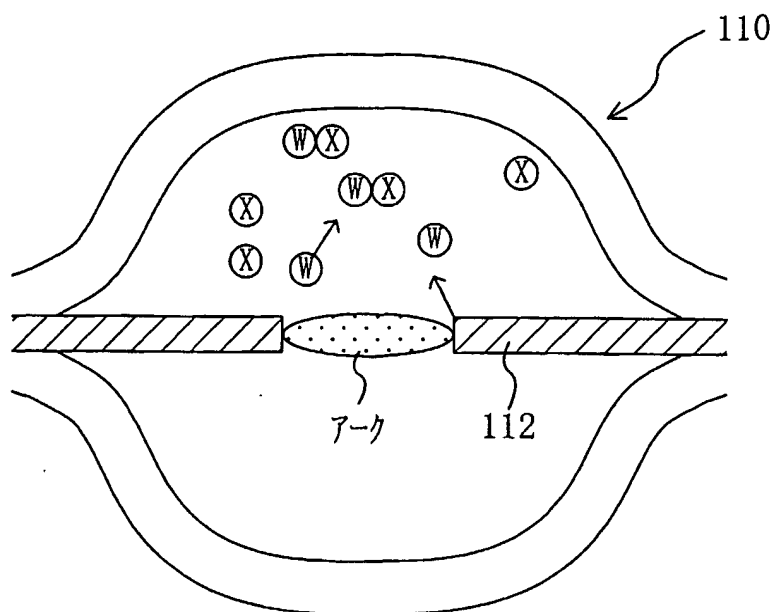
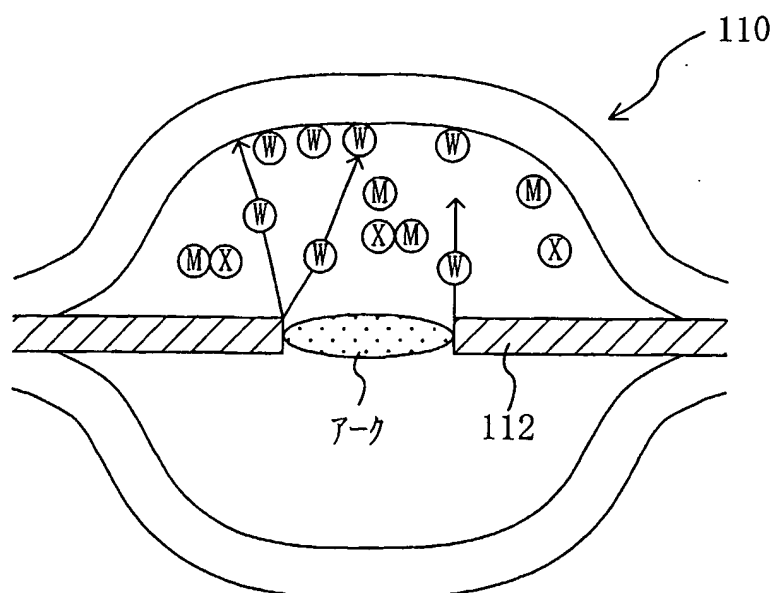


FIG. 14B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04561

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01J9/44, 61/20, 61/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01J9/44, 61/20, 61/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 6-338285, A (TOSHIBA LIGHTING & TECHNOLOGY CORPORATION), 06 December, 1994 (06.12.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-17,32
A	JP, 6-111770, A (Matsushita Electronic Corporation), 22 April, 1994 (22.04.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-17,32
X	JP, 6-187944, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 08 July, 1994 (08.07.94) (Family: none)	18,24,26
A	Full text; all drawings	19-23,25,27-28
X	JP, 9-306428, A (Kabushiki Kaisha Hakuron), 28 November, 1997 (28.11.97) (Family: none)	29
A	Full text; all drawings	30,31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 October, 2000 (03.10.00)

Date of mailing of the international search report
24 October, 2000 (24.10.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04561

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04561

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-17, 32 relate to the mole of the halogen sealed in, the inventions of claims 18-28 relate to the quantity of sodium contained in vitreous silica, and the inventions of claims 29-31 relate to the step of removing residual strain.

The inventions involve the respective special technical features and do not involve any other special technical features.

Further, there is no technical relationship among those inventions involving technical features.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ H01J9/44, 61/20, 61/30		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ H01J9/44, 61/20, 61/30		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926~1996年 日本国公開実用新案公報 1971~2000年 日本国登録実用新案公報 1994~2000年 日本国実用新案登録公報 1996~2000年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 6-338285, A (東芝ライテック株式会社), 6.12月1994(06.12.94), 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17, 32
A	JP, 6-111770, A (松下電子工業株式会社), 22.4月1994(22.04.94), 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17, 32
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
03.10.00	24.10.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 大森 伸一	2G 9229
	電話番号 03-3581-1101 内線 3225	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> <u>A</u>	J P, 6-187944, A (松下電器産業株式会社), 8.7月1994(08.07.94)(ファミリーなし) 全文, 全図 全文, 全図	<u>18, 24, 26</u> <u>19-23, 25, 27-</u> <u>28</u>
<u>X</u> <u>A</u>	J P, 9-306428, A (株式会社ハクロン), 28.11月1997(28.11.97)(ファミリーなし) 全文, 全図 全文, 全図	<u>29</u> <u>30, 31</u>

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-17、32は、ハロゲンの封入モル数、請求の範囲18-28は、石英ガラスに含まれるナトリウム等の量、請求の範囲29-31は、残留歪みを除去する工程にそれぞれ関するものである。

以上の各発明は、それぞれ特別な技術的特徴を有するもので、他の発明の特別な技術的特徴を含有していない。

さらに、これらの発明の間に特別な技術的特徴を含む関係があるとも認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。